

UNIVERZITA KARLOVA V PRAZE

PŘÍRODOVĚDECKÁ FAKULTA

Katedra fyzické geografie a geoekologie



VLIV TEPLOTNÍCH EXTRÉMŮ NA HOSPITALIZACE S ONEMOCNĚNÍM OBĚHOVÉ SOUSTAVY

Effects of temperature extremes on hospital admissions for cardiovascular diseases

(diplomová práce)

Aleš URBAN

Vedoucí práce: RNDr. Jan Kyselý, Ph.D.

Praha 2012

Tímto bych rád v první řadě poděkoval vedoucímu práce J. Kyselému za projevenou ochotu a trpělivost při zpracovávání mé diplomové práce, za pomoc při analýze dat a za bezpočet cenných připomínek a rad, kterými přispěl k výsledné podobě této práce. Dále děkuji H. Davídkové za výraznou pomoc s pochopením a formulací fyziologických pochodů v lidském těle. Děkuji také vedení Ústavu fyziky atmosféry AV ČR za možnost zpracovávat tuto práci v rámci projektu P209/11/1985 podpořeného Grantovou agenturou ČR.

Poděkování patří rovněž B. Křížovi a J. Kynčlovi ze Státního zdravotního ústavu ČR a L. Pokorné z Ústavu fyziky atmosféry za přípravu epidemiologických dat a P. Štěpánkovi z ČHMÚ (Brno), resp. a E. Plavcové z Ústavu fyziky atmosféry za přípravu meteorologických.

Zvláštní poděkování patří J. Kastnerovi a M. Müllerovi za konzultace při přepracovávání diplomové práce. V poslední řadě děkuji své rodině, zejména rodičům, za jejich vytrvalou podporu během celého studia.

Prohlašuji, že jsem předloženou práci vypracoval sám, že jsem uvedl veškeré použité informační zdroje a že nebyla předložena k získání jiného akademického titulu. Svoluji k zapůjčení této práce ke studijním účelům.

V Praze dne 20. 8. 2012

.....
Aleš Urban

Shrnutí

Práce porovnává rozdíly vlivu teplých a chladných dnů na nadměrnou úmrtnost a hospitalizace na vybrané diagnózy nemocí oběhové soustavy (CVD) v Praze a venkovském regionu tvořeném Jihočeským krajem a Vysočinou (JČ) za období 1994–2009. Venkovský region byl vybrán vzhledem k podobné věkové struktuře a velikosti populace jako v Praze. Zmíněné rozdíly jsou srovnávány mezi zvolenými populačními skupinami (muži a ženy; < 65 a 65+ let). Jako teplé (chladné) dny byly definovány dny s průměrnou denní teplotou vzduchu nad (pod) hodnotou 90% (10%) kvantilu denních hodnot v létě (zimě) za sledované období pro každý region zvlášť. Nadměrné hodnoty úmrtí (hospitalizací) byly určeny jako rozdíl vzhledem k standardizovaným denním počtům úmrtí (hospitalizací) za sledované období ošetřeným o výskyt epidemií chřipky/akutních respiračních infekcí, dlouhodobý a sezónní/týdenní chod úmrtnosti (hospitalizací).

V Praze byla zjištěna významná ($p = 0,05$) nadměrná úmrtnost při teplých dnech jak pro CVD jako celek, tak pro jednotlivé diagnózy, a to ve více populačních skupinách než v JČ. Nejvyšší relativní nadměrná úmrtnost při teplých dnech byla zjištěna v Praze (na aterosklerózu a chronickou ischemickou chorobu srdeční), zatímco při chladných dnech byla zjištěna nejvyšší nadměrná úmrtnost v JČ (na infarkt myokardu). U souhrnných skupin ischemických nemocí srdečních a cévních nemocí mozku vyšla významná nadměrná úmrtnost v obou regionech jak při teplých, tak při chladných dnech.

Na rozdíl od úmrtnosti byl zjištěn pouze slabý vliv teplých a chladných dnů na nadměrné hospitalizace na CVD. Rozdílné reakce jednotlivých diagnóz na tepelný/chladový stres jsou zřejmě způsobeny charakterem jednotlivých onemocnění a rozdílnými fyziologickými procesy, které hrají roli při vysokých/nízkých teplotách vzduchu. Regionální rozdíly mezi Prahou a JČ jsou zřejmě důsledkem spolupůsobení rozdílných fyzicko-geografických, environmentálních a socioekonomických faktorů.

Klíčová slova: úmrtnost, hospitalizace, nemocnost, kardiovaskulární nemoci, tepelný stres, chladový stres, regionální rozdíly, Česká republika

Abstract

The thesis compares differences in the impacts of warm and cold days on both excess mortality and hospitalizations for individual cardiovascular diseases (CVDs) in Prague and a selected rural region (southern Bohemia – JČ) consisting of the *Jihočeský kraj* and *Vysočina* districts in the period 1994–2009. Population size and age structure are similar in the two regions. The differences are compared between selected population groups (men and women; < 65 and 65+ years). Value of the 90% (10%) percentile of daily mean air temperature in summer (winter) during the period were used for the definition of warm (cold) days for each region separately. The excess mortality and hospitalizations were determined as the difference from standardized daily counts of death and hospital admissions, adjusted for epidemics of influenza/acute respiratory infections, long-term changes, and for annual and weekly cycles of mortality and hospitalizations.

Generally higher relative excess CVD mortality on warm days was identified in Prague, while for cold days we found higher excess mortality in south Bohemia. In contrast to mortality, weak excess CVD hospitalizations were observed for both warm and cold days. Significant ($p = 0.05$) excess hospitalizations were observed for chronic CVDs. Different responses of individual CVDs to heat/cold stress were observed, which are probably caused by the different nature of each CVD and different physiological processes induced by high/low ambient temperatures.

The regional differences between Prague and south Bohemia indicate influence of the urban heat island effect and lower altitude of Prague on heat-stress together with other factors such as prolonged exposure to air pollution, a different lifestyle, and a different structure of the population (e.g. in education, employment) in urban/rural regions, which may result in different vulnerability to temperature extremes.

Keywords: mortality, hospital admission, morbidity, cardiovascular disease, heat and cold stress, urban and rural differences, the Czech Republic

Obsah

1 Úvod.....	10
1.1 Motivace a cíle práce.....	10
1.2 Co vyjadřuje termín horká/studená vlna?	12
1.3 Synoptické příčiny horkých a studených období	13
1.4 Biometeorologické indexy	17
1.5 Náhlé změny počasí.....	21
2 Tepelný stres a kardiovaskulární onemocnění	23
2.1 Horko a kardiovaskulární onemocnění.....	23
2.2 Chlad a kardiovaskulární onemocnění	24
3 Teplota vzduchu a úmrtnost na kardiovaskulární onemocnění	25
3.1 Evropa a svět.....	25
3.2 Česká republika.....	28
3.3 Regionální rozdíly	30
4 Teplota vzduchu a hospitalizace na kardiovaskulární choroby	38
4.1 Vysoké teploty vzduchu	39
4.2 Nízké teploty vzduchu	40
5 Chřipkové epidemie a úmrtnost na CVD	42
6 Vliv znečištění ovzduší na úmrtnost a hospitalizace na CVD.....	44
7 Metody, data a postup práce.....	46
7.1 Použité datové soubory.....	46
7.2 Postup práce autora	50
8 Výsledky.....	57
8.1 Teplé dny	57
8.2 Chladné dny	59
8.3 Shrnutí	61
8.4 Hospitalizace.....	64
9 Diskuze.....	65
9.1 Regionální rozdíly.....	65
9.2 Rozdíly mezi úmrtností a hospitalizacemi na CVD	72
9.3 Rozdíly v diagnózách	74
10 Varovné systémy.....	76
11 Závěr	78

12 Použité zdroje	78
12.1 Literatura.....	80
12.2 Internetové zdroje.....	90
12.3 Zdroje dat.....	91

Seznam obrázků

Obr. 1: Hlavní cirkulační typy příhodné pro vznik horké a studené vlny..	14
Obr. 2: Schéma vzniku zimní bouře v Severní Americe.	15
Obr. 3: Míra korelace mezi průměrným úhrnem srážek ve Středomoří a intenzitou horkých vln v Evropě za období 1901–2003	16
Obr. 4: Složky energetické bilance lidského těla.....	17
Obr. 5: Srovnání hodnot rizika úmrtí z horka za použití různých biometeorologických indexů a průměrné, minimální a maximální teploty vzduchu.	20
Obr. 6: Celková úmrtnost v ČR v létě 1986–2005 ve dnech okolo výrazného poklesu teploty vzduchu	22
Obr. 7: To samé jako na obrázku 6 pro přechody studené fronty v letních měsících 1986–2005.....	22
Obr. 8: Mortality displacement – Korelace mezi nadměrnou úmrtností a odchylkami průměrné denní teploty vzduchu při zpoždění 0–30 dní po dni d v období duben–září za období 1992–2000.	27
Obr. 9: Horká vlna v roce 1994 a nadměrná úmrtnost v ČR.	29
Obr. 10: Studená vlna v sezóně 1986/87 a nadměrná úmrtnost na CVD u mužů.....	29
Obr. 11: Sezónní vývoj hospitalizací (admissions) a úmrtí (deaths) na respirační (vlevo) a kardiovaskulární onemocnění v Londýně.	38
Obr. 12: Relativní riziko hospitalizace při průměrné teplotě vzduchu za 3 dny v Londýně.	39
Obr. 13: Nemocnost na akutní respirační infekce a celková úmrtnost v ČR na 100 000 obyvatel v letech 1982–2000.....	42
Obr. 14: Nadměrná úmrtnost na CVD při výskytu chřipkových epidemií v ČR v letech 1994–2000	43
Obr. 15: Síť uzlových bodů s interpolovanými teplotními daty.	49
Obr. 17: Vizualizace dojížděkové klasifikace obcí.	51
Obr. 16: Vymezení venkovských regionů (okresů) ČR podle Eurostatu resp. OECD	51
Obr. 18: Klimatické oblasti ČR podle Köppenovy klasifikace klimatu.	52
Obr. 19: Průměrná relativní vlhkost 1951–2000 v červenci v ČR.....	53
Obr. 20: Průměrná rychlost větru v zimě v ČR.	54
Obr. 21: Vybrané regiony (tmavě) a uzlové body na území ČR.	56

Obr. 22: Relativní odchylky úmrtnosti od normálu (%) v Praze a JČ pro celkovou populační skupinu na vybrané diagnózy v chladných a teplých dnech.....	61
Obr. 23: Průměrné relativní odchylky (%) úmrtnosti od očekávaných hodnot v létě a v teplých dnech v Praze v letech 1994–2009.....	62
Obr. 24: To samé jako na obr. 23 pro JČ.	62
Obr. 26: Relativní odchylky nemocnosti od normálu (%) v Praze a JČ pro celkovou populační skupinu na vybrané diagnózy v chladných a teplých dnech.....	64
Obr. 27: Vývoj intenzity městského tepelného ostrova během dne.....	67
Obr. 28: Frekvence nocí a dní s vysokým tepelným stresem ve venkovském a městském prostředí...	67
Obr. 29: Průměrná roční koncentrace oxidu dusičitého (NO ₂) v roce 2010 v ČR.....	69
Obr. 30: To samé jako na obr. 29 pro koncentrace polétavého prachu (PM ₁₀) v roce 2010 v ČR.....	70
Obr. 31: Maximální koncentrace přízemního ozonu v průměru za období 2008–10 v ČR.....	70

Seznam tabulek

Tabulka 1: Hodnoty indexů PMV a PET a jejich ekvivalenty v tepelném vnímání, resp míře působení tepelného stresu na lidské tělo..	18
Tabulka 2: Přehled čtyř nejteplejších a nejchladnějšího 14denního letního období a odchylky celkové úmrtnosti od očekávané hodnoty v Berlíně a Braniborsku.....	20
Tabulka 3: Přehled meteorologických charakteristik vybraných horkých období z tabulky 2 v Berlíně a Braniborsku.....	20
Tabulka 4: Průměrný relativní nárůst celkové úmrtnosti a úmrtnosti na CVD (oproti očekávaným hodnotám) v ČR během horkých vln 1986–2006 (převzato z Kyselý a Kříž, 2008).	28
Tabulka 5: Přehled vybraných prací studujících vliv vysoké/nízké teploty vzduchu na nárůst úmrtnosti na CVD.	33
Tabulka 6: Přehled vybraných prací studujících vliv vysoké/nízké teploty vzduchu na nárůst hospitalizací na CVD.	36
Tabulka 7: Přehled studovaných diagnóz nemocí oběhové soustavy podle MKN-10.	47
Tabulka 8: Počet hospitalizovaných a zemřelých na CVD v jednotlivých studovaných regionech.....	47
Tabulka 9: Základní údaje o struktuře obyvatelstva studovaných regionů.....	50
Tabulka 10: Základní charakteristiky použitých dat pro průměrnou teplotu vzduchu za období 1994–2009 v Praze a JČ	56
Tabulka 11: Relativní nadměrná úmrtnost (%) na vybrané CVD u zkoumaných populačních skupin v teplých dnech (10% nejteplejších dní v létě) v Praze a JČ v období 1994–2009 pro sumu hodnot ($D_0 + D_{+1}$).....	57
Tabulka 12: Relativní nadměrná úmrtnost (%) na vybrané CVD u zkoumaných populačních skupin v chladných dnech (10% nejchladnějších dní v zimě) v Praze a JČ v období 1994–2009 pro sumu hodnot ($D_0 + D_{+1}$).....	59

1 Úvod

1.1 Motivace a cíle práce

Období výskytu extrémně vysokých a nízkých teplot vzduchu nevyvolávají v populaci takové znepokojení, jako přírodní rizika typu povodní, tropických cyklón, zemětřesení nebo vln tsunami, jelikož jejich dopad nebývá tak drtivý a může být na první pohled méně zřetelný. V geografických podmínkách ČR ovšem extrémní mrazy a vedra patří spolu s povodněmi k největším přírodním ohrožením. Minimálně v našich zeměpisných šířkách jsou nejrizikovějším atmosférickým jevem majícím přímý vliv na lidské životy a zdraví (Kyselý a Kříž, 2008). Studená vlna v ČR v lednu 1987 (s nejhoršími následky ve sledovaném období 1986–2006) měla za následek přibližně 270 úmrtí na kardiovaskulární onemocnění (dále *CVD*) nad očekávanou hodnotu (Kyselý et al., 2009), což je srovnatelné s horkou vlnou v roce 1994, která měla na svědomí asi 380 nadměrných úmrtí na *CVD* (Kyselý a Kříž, 2008). Oproti tomu přírodní ohrožení, která představují riziko především pro náš majetek, jsou z hlediska počtu obětí méně závažné. Například velké povodně v roce 1997 na Moravě si vyžádaly 50 lidských životů, zdaleka nejvíce z povodní v posledních dvaceti letech (Lidovky.cz, 2010). I v celoevropském měřítku je v období výskytu extrémních teplot zaznamenáván vysoký počet úmrtí, zatímco nejvyšší ekonomické škody bývají způsobeny povodněmi a bouřemi (EEA, 2010). Horká vlna v roce 2003 měla v celé Evropě za následek více než 70 000 úmrtí (EEA, 2006) a podobné odhady (55 000) uvádějí pro horkou vlnu v západním Rusku v roce 2010 Barriopedro et al. (2011). Chladné epizody měly v letech 1998–2009 v Evropě na svědomí skoro 1 900 úmrtí (EEA, 2010), ale tato čísla mohou být výrazně podhodnocena vzhledem k efektu zpoždění nárůstu úmrtnosti při studených vlnách (Kyselý et al., 2011).

S nárůstem globální teploty vzduchu je v budoucnu očekáván nárůst extrémně horkých období a naopak pokles četnosti chladných období (Gosling et al., 2009; IPCC, 2007). Zpráva IPCC (2007) uvádí, že v budoucnu mohou horké vlny představovat vyšší zdravotní riziko. Nárůst průměrné globální teploty v letech 1906–2005 podle této zprávy činil 0,7 °C, přičemž k největšímu oteplování docházelo ve středních a vyšších zeměpisných šířkách severní polokoule. Podle IPCC došlo za posledních 50 let ke snížení počtu chladných (10 % nejchladnějších) dnů a naopak zvýšení četnosti horkých dnů a horkých (10 % nejteplejších) nocí. Zejména ve vyšších a středních zeměpisných šířkách je očekáván koncem 21. století výrazně vyšší počet dní v letních měsících, které budou z pohledu dnešní klimatologie

extrémně horké (Ballester et al., 2009). Proto je v budoucnu předpovídán nárůst úmrtí způsobených horkem a naopak pokles úmrtí v důsledku nízkých teplot. Mezi jednotlivými studiemi ale existuje výrazný rozpor ve velikosti předpokládaných změn a jejich podílu na celkovém vývoji úmrtnosti, které záleží mimo jiné na celkovém vývoji lidské společnosti a schopnosti přizpůsobení se změně klimatu (Gosling et al., 2009).

Obyvatelé střední Evropy oproti jižnějším regionům mohou podceňovat rizika spojená s vysokými teplotami kvůli nižší informovanosti o rizicích ze strany jak médií, tak i odborné veřejnosti. Počet studií na téma vlivu extrémních teplot vzduchu na zdraví obyvatel zabývajících se speciálně CVD je ve střední a jihovýchodní Evropě oproti západní a jižní Evropě poměrně málo. Většina studií zkoumá vliv horkých vln (tepelného stresu) na celkovou úmrtnost (Gabriel a Endlicher, 2011) a převážně se zabývají pouze populacemi velkých měst (McMichael et al., 2008 – Lublaň, Bukurešť a Sofia; Páldy et al., 2005; Hajat et al., 2006 – oba Budapešť). Nicméně pro oblast ČR se zpracovalo více studií se zaměřením na vliv extrémních meteorologických podmínek na lidské zdraví. Jedná se o soubor prací zahrnující: výzkum vazeb mezi atmosférickými cirkulačními typy a výskytem období s extrémními teplotami vzduchu (Kyselý, 2002; Kyselý, 2008); sledování vlivu těchto extrémních období (Kyselý, 2004; Kyselý a Huth, 2004; Kyselý a Kříž, 2008), resp. období s náhlou změnou teploty a tlaku vzduchu (Plavcová a Kyselý, 2010) na celkovou úmrtnost; a výzkum souvislostí mezi extrémními teplotami vzduchu a úmrtností na CVD (Kyselý et al., 2009; Kyselý et al., 2011). Zjišťování vlivu extrémních teplot vzduchu na nemocnost populace ČR je předmětem současného výzkumu. Celkově velmi malé množství prací ve střední Evropě vysvětlující vliv meteorologických extrémů na hospitalizace pacientů (na kardiovaskulární nemoci, jejichž souvislost s teplotními extrémy patří ve světové odborné literatuře k nejdiskutovanějším) může být způsobeno nedostatkem nebo neúplností potřebných záznamů. V mnoha studiích zkoumajících vliv extrémních teplot vzduchu na hospitalizace na CVD je navíc opomíjen významný efekt epidemií chřipky a jiných akutních respiračních infekcí v zimním období, který může v případě neošetření dat o tento efekt značně ovlivnit výsledky takových prací (diskutováno např. v Kynčl et al., 2005; Kyselý et al., 2011).

Cílem této práce je navázat na předchozí studie zabývající se vlivem teplotních extrémů na úmrtnost obyvatel ČR na kardiovaskulární onemocnění a porovnat výsledky pro úmrtnost a pro hospitalizace (nemocnost) v rámci dvou zkoumaných regionů (Prahu a jižní Čechy – viz část 7.4). Práce by měla přispět k lepšímu pochopení vztahů mezi teplotou vzduchu a lidským zdravím na území ČR.

1.2 Co vyjadřuje termín horká/studená vlna?

V pracích studujících vliv extrémních teplot na úmrtnost nebo nemocnost se často vyskytují termíny horká a studená vlna (*heat wave* a *cold spell*). Definice těchto období nejsou celosvětově univerzální a autoři je často definují na základě regionálních charakteristik. Jako základní je možné považovat definici Robinsonovu, která praví, že „horká vlna je delší období působení neobvykle vysokého tepelného stresu, který způsobuje dočasné změny v životním stylu a který může mít negativní zdravotní následky na zasažené obyvatelstvo“ (Robinson, 2001; str. 763, přeloženo z anglického originálu). Analogicky by se dala definovat studená vlna (např. Hassi, 2005).

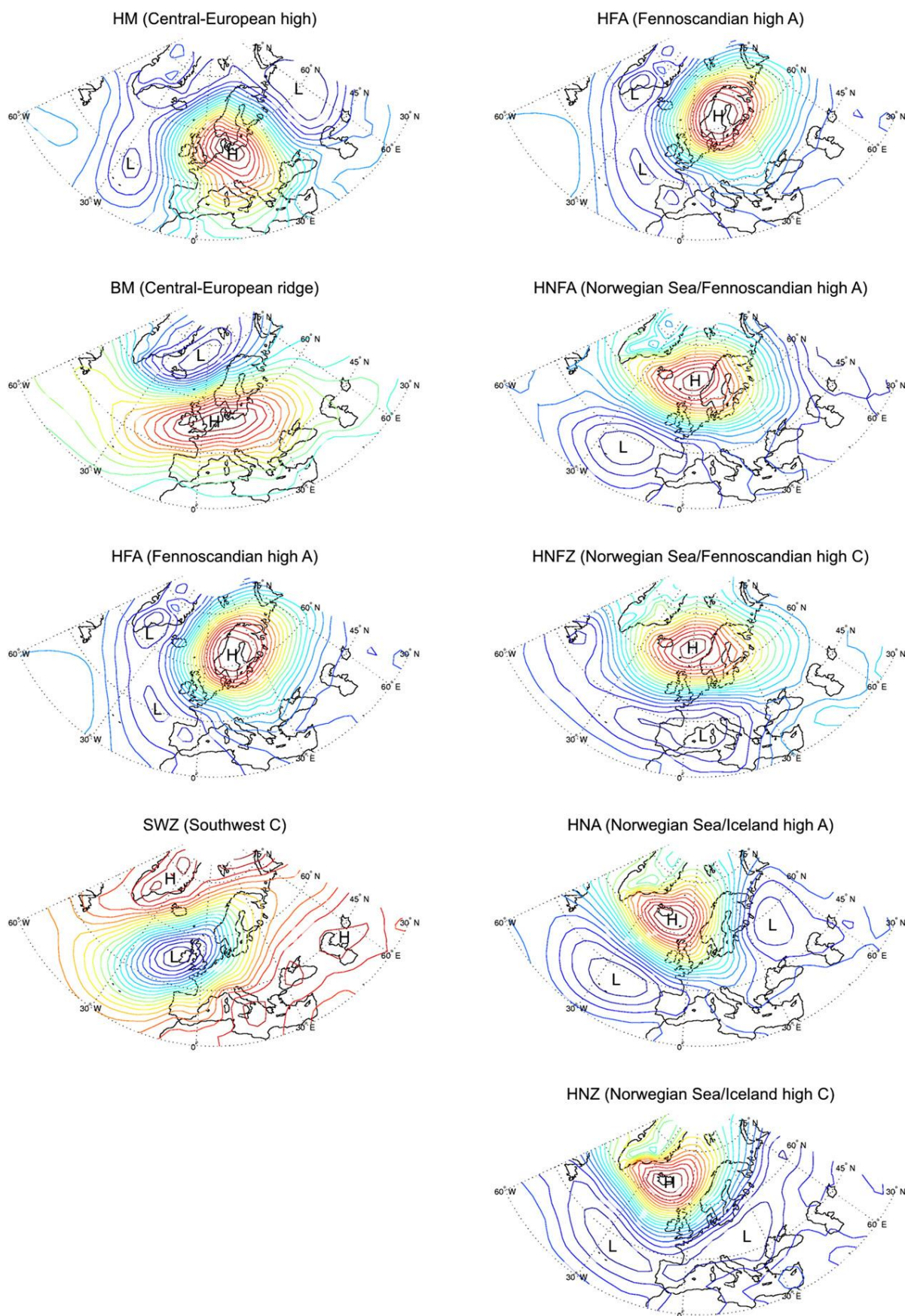
National Weather Service (USA) používá jako kritérium pro určení horké vlny období minimálně dvou dnů, ve kterých průměrný index horka (viz *Heat Index* v části 1.4) za tři hodiny překročí 105 °F (40,6 °C) a noční (od 19 hod. do 7 hod.) index horka je vyšší než 80 °F (26,7 °C; Robinson, 2001). Přesně stanovenou teplotní hranici pro vymezení horkých (nejméně pět dnů s maximální denní teplotou nad 25 °C zahrnující alespoň tři dny s maximální teplotou vyšší než 30 °C) a studených (alespoň devět dnů s minimální denní teplotou vzduchu pod –5 °C zahrnující alespoň šest dnů s minimální teplotou pod –10 °C) období použili také Huynen et al. (2001) v Nizozemsku, nebo Kyselý et al. (2009) pro vymezení studených vln (alespoň tři dny s maximální denní teplotou vzduchu $\leq -3,5$ °C) na území ČR.

V jiných studiích byly použity definice období extrémních teplot na základě překročení kvantilů rozdělení hodnot. Kyselý a Kříž (2008) stanovili horkou vlnu jako období alespoň tří po sobě jdoucích dnů s průměrným denním indexem horka větším než 95% kvantil rozdělení hodnot indexu horka a s alespoň jedním dnem překračujícím 98% kvantil. Podobně definovali Kyselý et al. (2011) horká a studená období jako období alespoň dvou dnů s odchylkou průměrné denní teploty vzduchu nad 95% (pod 5%) kvantil rozdělení teplotních odchylek od průměrného ročního chodu v dané části roku. Z výše uvedeného je patrné, že neexistuje žádný jednotný přístup k definování horkých a studených vln a záleží spíše na autorovi samotném, jaký přístup zvolí.

1.3 Synoptické příčiny horkých a studených období

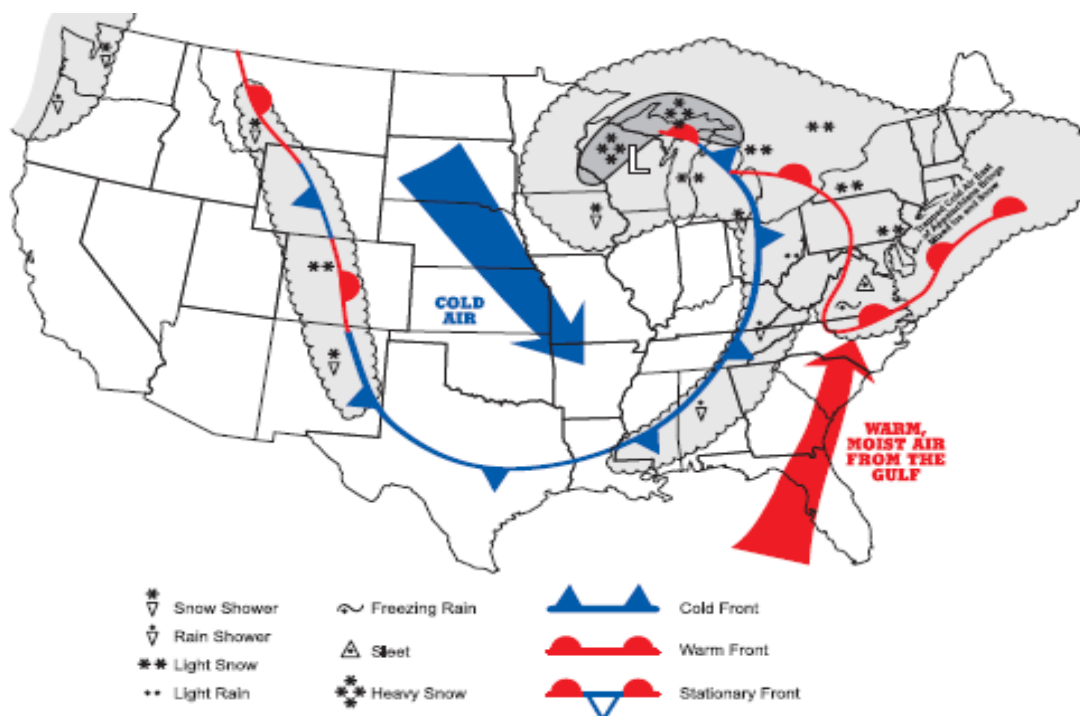
Délka, doba nástupu a celkový charakter horké nebo studené vlny jsou určeny na základě rozložení vzduchových hmot nad daným územím a míry jejich stálosti (Kyselý, 2008). Pro období vysokých teplot vzduchu je typická kladná radiační bilance způsobená malou oblačností v oblasti vysokého tlaku vzduchu, advekce teplého vzduchu od jihozápadu až východu nebo jeho stagnace a zahřívání při omezené advekci chladnějšího vzduchu (Kyselý, 2008). Jednotlivé cirkulační typy (subjektivní klasifikace cirkulačních typů Hess-Brezowského) mají rozdílný vliv na různé části Evropy. Mezi nejvýznamnější typy cirkulace, které se vyskytují často při horkých vlnách ve velké části Evropy, patří situace s tlakovou výší (obrázek 1, HM) resp. hřebenem (BM) vysokého tlaku vzduchu nad střední Evropou, při níž jsou radiační efekty ve střední Evropě podpořeny advekci teplého vzduchu z oblasti jižní a jihovýchodní Evropy. Další příhodnou situací pro vznik horké vlny je tlaková výše nad Skandinávií (HFA), přinášející po své přední straně suchý a horký vzduch z východní Evropy. Čtvrtou (v Evropě) nejčastější variantou je oblast nízkého tlaku vzduchu nad Atlantikem (SWZ) blokována hřebenem vysokého tlaku vzduchu mezi Azorskou a Sibiřskou anticyklónou, přinášející teplý vzduch od jihu až jihozápadu (Kyselý, 2008). Letní vzduchové hmoty rizikové z hlediska možného nárůstu úmrtnosti v ČR se vyznačují vysokou teplotou vzduchu, malou oblačností a relativně silným prouděním teplého vzduchu od jihu (Kyselý a Huth, 2004).

Při studených vlnách hraje významnou úlohu záporná radiační bilance v oblasti vysokého tlaku vzduchu a přísun chladného vzduchu ze severu a severovýchodu Evropy (Kyselý, 2008). Na rozdíl od horkých vln převažují při studených vlnách severní a východní typy cirkulace, při kterých se většinou nachází anticyklóna nad severní Evropou se středem nad Skandinávií resp. Norským mořem. Do střední Evropy následně proudí chladný vzduch z východu resp. ze severu (obrázek 1 vpravo). U většiny cirkulačních typů bylo prokázáno, že největších teplotních anomálií dosahují horké/studené vlny v pozdní fázi trvání cirkulačního typu (> 5 dnů; Kyselý, 2008).



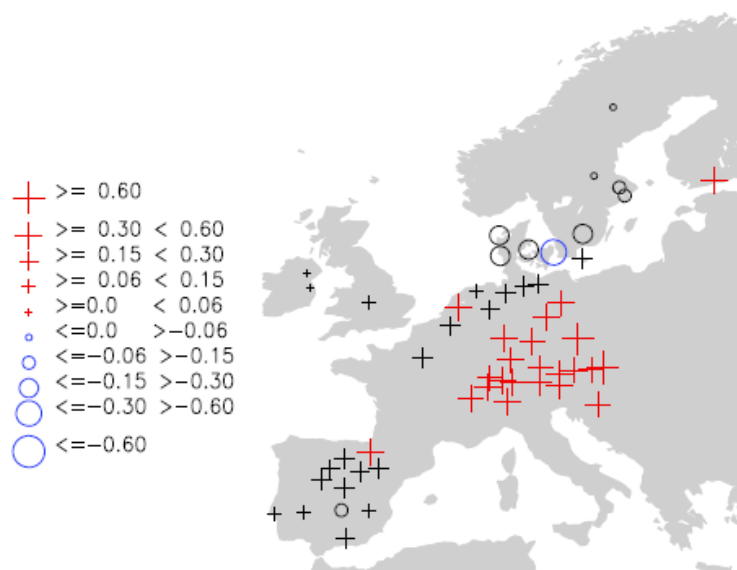
Obr. 1: Hlavní cirkulační typy (podle Hess-Brezowského) příhodné pro vznik horké (vlevo) a studené (vpravo) vlny. Izolinie znázorňují anomálie přízemního tlaku vzduchu v intervalu 2 hPa od průměru za období 1901–2000 (převzato z: Kyselý, 2008).

Mnoho autorů uvádí, že v souvislosti s oteplováním klimatu narůstá v posledních desetiletích počet extrémně horkých epizod a naopak klesá počet extrémně chladných epizod (např. Brown et al., 2010; Kyselý, 2008; McMichael et al., 2006; Domonkos et al., 2003). Nicméně některé práce uvádějí právě ve spojení s nárůstem globální teploty vzduchu možnost nárůstu intenzity zimních bouří díky zvýšenému množství vodní páry v atmosféře a větším rychlostem proudění (Conlon et al., 2011). Zatímco při vysokých teplotách vzduchu umocňuje míru tepelného stresu vysoká relativní vlhkost vzduchu (*heat index*), při nízkých teplotách hraje důležitou roli rychlost větru (tzv. *wind chill index*; více kapitola 1.4). Při zimních bouřích může právě velmi silný vítr umocňovat mrazivé působení suchého arktického vzduchu. Studený vítr působící na odkryté části těla (obličeje) odnáší tělesné teplo a snižuje tělesnou teplotu (Edwards et al., 2008). Studená krev z prochlazených částí těla se následně může dostat až do srdce a způsobit srdeční selhání (NOAA, 2001). Například při blizardu v roce 1978 na Rhode Island byl se tří až čtyřdenním zpožděním sledován nárůst hospitalizací na akutní infarkt myokardu i nárůst úmrtnosti na ischemické choroby srdeční (Faich, 1979). Typickým případem vzniku zimní bouře v Severní Americe je kolize mrazivého vzduchu proudícího na zadní straně cyklony od severu s teplým vlhkým vzduchem v oblasti Mexického zálivu (obr. 2).



Obr. 2: Schéma vzniku zimní bouře (blizardu) v Severní Americe (převzato z: NOAA, 2001).

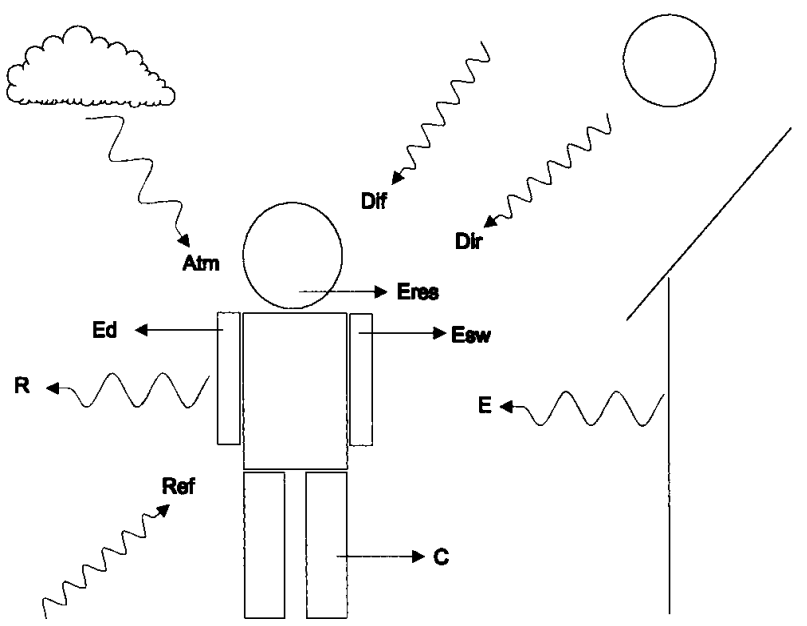
V případě Evropy má pravděpodobně značný vliv na výskyt extrémních teplotních událostí v zimě i v létě Severoatlantská oscilace (NAO), která ovlivňuje zejména zimní chod teploty vzduchu, počtu mrazových dní a množství srážek v severní a střední Evropě (Scaife et al., 2008). Méně mrazů a více srážek při kladné fázi NAO a naopak sušší a mrazivější zimy při záporné fázi NAO v těchto částech Evropy jsou známým jevem (Hurrell, 2000). Některé studie přidávají možnou spojitost mezi nedostatkem zimních srážek v jižní Evropě při kladné fázi NAO a častějším výskytem horkých vln v letních měsících v západní a střední Evropě (Wang et al., 2011; Vautard et al., 2007; Della-Marta et al., 2007 – obr. 3; Fischer et al., 2007). Variabilita NAO pravděpodobně souvisí s kolísáním teploty povrchových vod v severním Atlantiku (tzv. AMO – *Atlantická multidekadická oscilace*), která je řízena termohalinní cirkulací v Atlantském oceánu (Della-Marta et al., 2007). Index AMO je uvažován jako jeden ze základních prediktorů četnosti horkých vln v Evropě, přičemž jeho maxima na přelomu 40. a 50. let 20. století a na jeho konci korelují s obdobími nejvýraznějších horkých vln v Praze (Kyselý, 2010).



Obr. 3: Míra korelace mezi průměrným úhrnem srážek ve Středomoří (42°–46° s. z. š.) v období leden–květen a intenzitou horkých vln v létě (červenec–srpen) v Evropě za období 1901–2003 (převzato z: Della-Marta et al., 2007)

1.4 Biometeorologické indexy

Lidské tělo pracuje jako neúnavný regulátor teploty a za všech podmínek se snaží pomocí metabolických a fyziologických procesů udržovat tělesnou teplotu na pro nás nejpříjemnější a pro naše tělo optimální úrovni (tzv. tepelné pohodě – Centnerová, 2000). To znamená udržovat rovnovážnou bilanci mezi tepelným výdejem a příjmem lidského těla. Obrázek 4 znázorňuje složky energetické bilance lidského těla.



Obr. 4: Složky energetické bilance lidského těla: C – tepelná výměna prouděním a vedením; Ed – difúze vodní páry z pokožky; Esw – výdej energie odpařováním potu; Eres – dýchání; Atm – dlouhovlnné záření odražené od atmosféry; Dir – přímé sluneční záření; Dif – rozptýlené záření; Ref – krátkovlnné odražené záření od povrchu; R – dlouhovlnné záření z lidského těla; E – dlouhovlnné záření od okolního prostředí (převzato z: Becker, 2000)

V mnoha studiích se pro určení tepelného stresu používají biometeorologické indexy (většinou udávány ve °C), pomocí nichž jsou často definována období horkých (případně studených) vln a které určují míru tepelné pohody/nepohody jedince na základě kombinace teploty vzduchu s dalšími meteorologickými proměnnými (relativní vlhkost, příp. rychlost proudění, globální radiace), které působí na jedince (Kyselý a Huth, 2004). Pro letní období se nejčastěji v operativním režimu používá index horka (*Heat Index*, nebo také *Apparent Temperature*), kombinující teplotu vzduchu a relativní vlhkost (Robinson, 2001); v zimě se často používá NWCTI (*The New U. S./Canada Wind Chill Temperature Index*), kombinující teplotu vzduchu a rychlost větru (oba používá například ČHMÚ pro biometeorologickou předpověď; Novák, 2007). Složitější indexy jsou založeny na biometeorologických modelech tepelné bilance, zahrnujících do výpočtu tepelné pohody i fyziologické a metabolické pochody jedince, nebo vliv tepelné izolace oblečení. Prvním takovým indexem odvozeným od modelu tepelné bilance byl *Predicted Mean Vote* (PMV – představený Fangerem v roce 1970;

Novák, 2007) udávající míru tepelné pohody jedince pomocí rozdílu skutečné a pocitové teploty vzduchu (Matzarakis a Mayer, 1997). Mezi dnes nejpoužívanější složitější indexy patří *Physiological Equivalent Temperature* (PET – Höppe v roce 1999; Novák, 2007) udávající pocitovou teplotu ve °C, při níž energetická bilance lidského těla odpovídá bilanci v uzavřené místnosti při dané teplotě vzduchu (Matzarakis et al., 1999). Vztah mezi indexy PMV a PET a jejich ekvivalenty v míře tepelného stresu jsou znázorněny v tabulce 1. Na modelu tepelné bilance od Fanger je založen i index *Percieved Temperature* (PT, Jendritzky et al., 2000) používaný v současnosti německou meteorologickou službou (Deutscher Wetterdienst), udávající teplotu vzduchu referenčního prostředí (odpovídá přibližně vzrostlému lesu se slabým prouděním vzduchu a malou přímou sluneční radiací; Laschewski a Jendritzky, 2002).

Tabulka 1: Hodnoty indexů PMV a PET a jejich ekvivalenty v tepelném vnímání, resp míře působení tepelného stresu na lidské tělo. Počítáno pro osobu v klidu s průměrnou tepelnou izolací oblečení (převzato z Matzarakis et al., 1999).

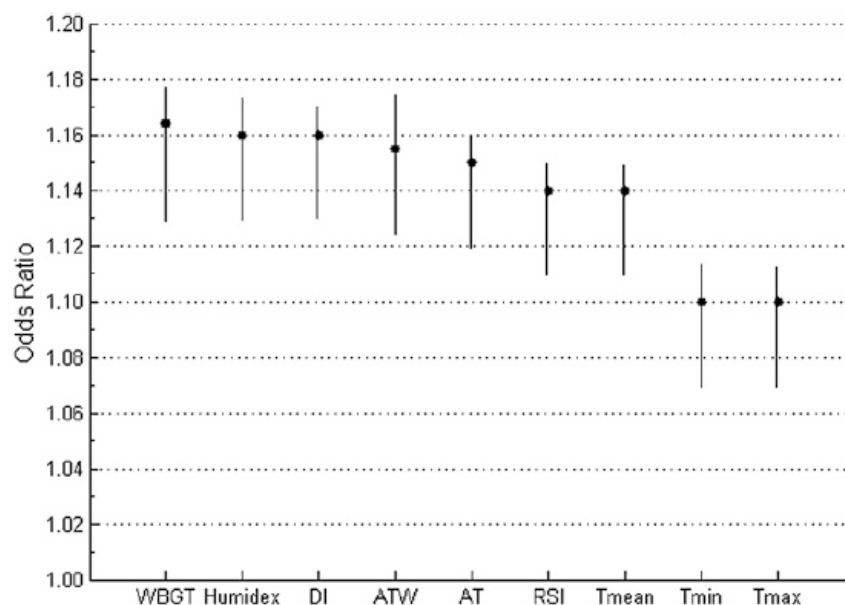
PMV (°C)	PET	Thermal perception	Grade of physiological stress
-3.5	4	Very cold	Extreme cold stress
-2.5	8	Cold	Strong cold stress
-1.5	13	Cool	Moderate cold stress
-0.5	18	Slightly cool	Slight cold stress
0.5	23	Comfortable	No thermal stress
1.5	29	Slightly warm	Slight heat stress
2.5	35	Warm	Moderate heat stress
3.5	41	Hot	Strong heat stress
		Very hot	Extreme heat stress

Takovéto indexy jsou příhodné pro případové studie, vyhotovování bioklimatických map nebo zpětné vyhodnocování extrémních situací, ale pro účely předpovědí jsou příliš komplikované a nejisté (Novák, 2007), jelikož vyžadují data, která v operativním provozu nejsou k dispozici (Novák, 2011). Proto mezi odbornou i laickou (např. ze strany médií) veřejností existuje poptávka po univerzálním indexu, který by byl snadno

předpověditelný z běžně měřených meteorologických charakteristik a zároveň lehce interpretovatelný pro veřejnost (Novák, 2007). Tímto indexem by měl být *Universal Thermal Climate Index* (UTCI) vyvinut v rámci specializované Komise 6 Mezinárodní biometeorologické společnosti (ISB) pod vedením prof. Gerda Jendritzkyho z meteorologického institutu na univerzitě v německém Freiburgu. Index by měl být použitelný pro všechny klimatické regiony a všechna roční období, postaven na poznatcích o radiační a tepelné bilanci lidského těla a měl by být využitelný jak v krátkodobých předpovědích a biometeorologických varováních, tak v bioklimatologických výzkumech (Novák, 2011; UTCI, 2012). Tento index byl dokončen v roce 2009 a nyní podstupuje

testování v operativním provozu (např. pro ČHMÚ; Novák, 2011). Jeho výpočet je založen na kombinaci teploty vzduchu, rychlosti proudění a relativní vlhkosti vzduchu. Biometeorologickou složkou, zohledňující tepelnou a radiační bilanci lidského těla, je parametr rozdílu střední radiační teploty a teploty vzduchu (pro více informací o výpočtu indexu a radiačního parametru viz dokumentaci na www.utci.org).

Přes nesporný vliv dalších meteorologických proměnných (vlhkost vzduchu, proudění vzduchu), které zhoršují/zlepšují tělesné vnímání tepelného/chladového stresu, a přestože v biometeorologických a epidemiologických studiích bylo testováno již mnoho indexů, které by nejlépe vyjadřovaly míru tepelného stresu na lidské zdraví, významně lepší průkaznost spojitosti úmrtnosti a nemocnosti s jedním ukazatelem oproti jiným zjištěna nebyla (Ye et al., 2012; Gosling et al., 2009). V některých pracích byla zjištěna srovnatelná spojitost biometeorologických indexů (kombinujících více meteo. proměnných) a úmrtnosti (Gosling et al., 2009; Kyselý a Kříž, 2008 – viz obr. 9; Kyselý, 2004). Vaněčková et al. (2011) zjistila vyšší riziko úmrtí během horkých dnů oproti ostatním (referenčním) dnům s nevýznamnými rozdíly v nárůstu úmrtnosti při využití rozličných biometeorologických indexů, nebo jen průměrné teploty vzduchu (obráz. 5). Gabriel (2009; viz také Gabriel a Endlicher, 2011) ve své disertační práci studovala vliv horkých vln na úmrtnost v Berlíně a Braniborsku v období 1990–2006. Horké vlny definovala pomocí „stresových dnů“ kombinací tří metod (95% kvantil maximální a minimální teploty vzduchu, určení hraniční hodnoty max. a min. teploty pomocí regresní analýzy a na základě PT (viz výše) $> 32\text{ °C}$). Podle míry splnění všech kritérií byly horké vlny (14denní období) ohodnoceny „stresovými body“ s maximálním možným počtem 756 bodů (gPBP v tabulce 2; více viz Gabriel a Endlicher, 2011). Čtyři nejteplejší letní období (1994, 1997, 2003 a 2006) a nejchladnější (1993) jsou znázorněna v tabulce 2. Ta ukazuje míru nadměrné úmrtnosti v těchto obdobích. Tabulka 3 zobrazuje meteorologické charakteristiky pro jednotlivá období. Můžeme v ní vidět výraznou korelaci mezi jednotlivými ukazateli. Akorát v roce 2003 byla přes podobný počet stresových bodů úmrtnost o něco vyšší než v roce 1997, což může být způsobeno vyšší vlhkostí při stejných teplotách vzduchu (Novák, 2011) a vyššími minimálními (nočními) teplotami vzduchu v roce 2003, které hrají výraznou roli v tepelné zátěži na lidský organismus (Fischer et al., 2012). Přesto někteří autoři konstatují, že je nejlepší použít ten ukazatel tepelného stresu, který je k dispozici v nejlepším a nejkomplexnějším datovém souboru (Conlon, 2011). Z toho důvodu byla v této práci použita průměrná teplota vzduchu jako zástupná proměnná reprezentující stres z horka/chladu.



Obr. 5: Srovnání hodnot rizika úmrtí z horka za použití různých biometeorologických indexů (prvních šest) a průměrné, minimální a maximální teploty vzduchu (více informací o indexech a převzato z: Vaněčková, 2011).

Tabulka 2: Přehled čtyř nejteplejších a nejchladnějšího (1993) 14denního letního období (podle stresových bodů gPBP s max. hodnotou 756 bodů) a odchylky celkové úmrtnosti od očekávané hodnoty v Berlíně a Braniborsku (převzato z: Gabriel, 2009).

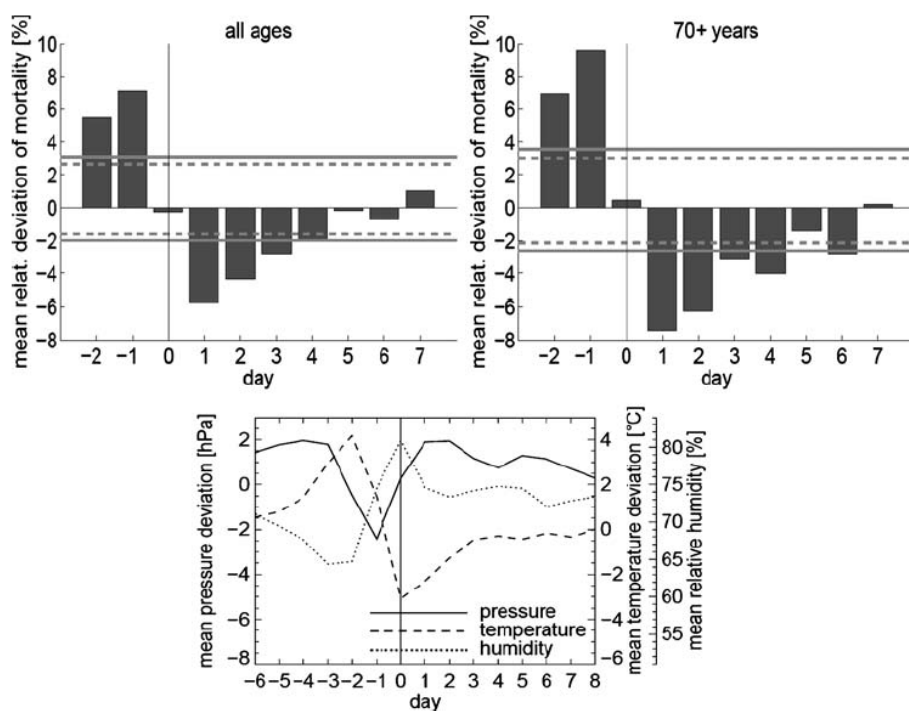
Periode des Jahres	gPBP	Mort dev
1994	576	41,0 %
2006	538	16,9 %
1997	493	4,6 %
2003	490	5,6 %
1993	219	-4,1 %

Tabulka 3: Přehled meteorologických charakteristik vybraných horkých období z tabulky 2 v Berlíně a Braniborsku (pořadí sloupců: max., prům. a min. teplota, tlak vodní páry, délka slunečního svitu, oblačnost, záření, rychlost větru, PT_{den} , PT_{noc} ; převzato z: Gabriel, 2009).

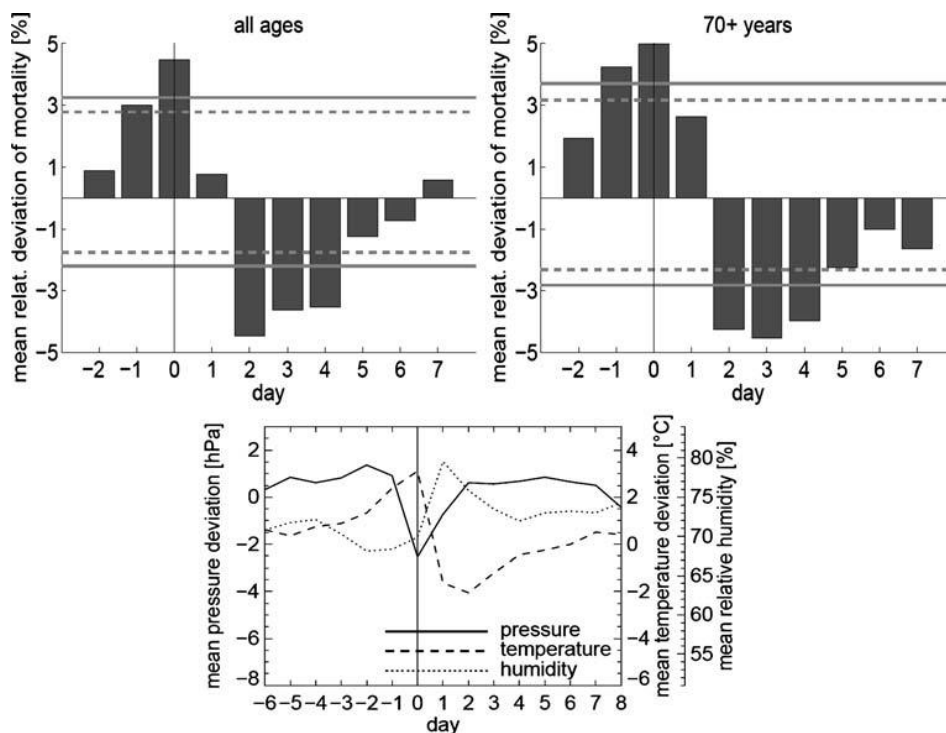
		T_{max} [°C]	T_{av} [°C]	T_{min} [°C]	Dampfdruck [hPa]	Sonnenschein- dauer [h]	Bewölkung [1/8]	Strahlung [J/cm ²]	Windgeschwin- digkeit (m/s)	GT _{09/12/15} [°C]	GT _{00/03} [°C]
1994	Ø	31,5	24,9	17,7	15,6	10,7	3,2	2.137,4	1,5	32,0	14,9
2006	Ø	30,4	24,1	16,9	15,5	11,8	2,9	2.402,6	1,8	31,1	13,2
1997	Ø	29,1	22,7	16,4	16,2	9,8	3,4	1.887,9	1,6	29,6	12,9
2003	Ø	29,0	22,7	16,8	17,5	8,6	3,9	1.938,4	1,6	30,0	13,4
1993	Ø	23,5	18,3	13,4	15,4	7,4	4,6	1.627,7	2,2	22,1	10,6

1.5 Náhlé změny počasí

Kromě studia vlivu teploty vzduchu nebo biometeorologických indexů na úmrtnost nebo nemocnost je v literatuře věnována pozornost i jiným přístupům. Jeden z nich spočívá ve studiu vlivu změn počasí. V italské Florencii (Morabito et al., 2006) bylo zjištěno nejvyšší riziko hospitalizací na infarkt myokardu při velmi nízkých teplotách vzduchu při anticyklonální kontinentální situaci. Nárůst případů byl ale sledován také ve dnech s výrazným střídáním anticyklonální a cyklonální vzduchové hmoty s náhlými změnami tlaku, relativní vlhkosti a oblačnosti. Spojitost náhlých (mezidenních) a výrazných změn teploty a tlaku vzduchu s nárůstem celkové i kardiovaskulární úmrtnosti v ČR zjistili také Plavcová a Kyselý (2009a). Významný nárůst úmrtnosti byl zjištěn po výrazném poklesu tlaku vzduchu a po kladné změně teploty vzduchu v létě i v zimě. Naopak při nárůstu tlaku vzduchu dochází pouze v letních měsících k poklesu úmrtnosti, který většinou následuje po výrazném nárůstu úmrtnosti vlivem předchozího výrazného poklesu tlaku vzduchu. Nejvýznamnější spojitost se zvýšenou úmrtností byla v práci Plavcová a Kyselý (2009a) zjištěna jeden až dva dny před náhlým poklesem teploty vzduchu, po kterém naopak dochází k poklesu úmrtnosti pod očekávané hodnoty. Pravděpodobně vlivem posunu úmrtnosti po horké vlně (viz část 3.1.1), které právě bývají ukončeny výrazným poklesem teploty vzduchu například vlivem přechodu studené fronty (Plavcová a Kyselý, 2010). A právě u letních studených front je možné sledovat obdobný průběh meteorologických prvků a také odchylek úmrtnosti (ale s menšími relativními odchylkami; viz obrázky 6 a 7). Nicméně události přechodu studených front a výrazného poklesu teploty se překrývají v méně než jedné třetině případů, tudíž nelze tyto dva jevy zcela spojovat (Plavcová a Kyselý, 2010). V případě sledování průběhu teploty vzduchu jsou odchylky úmrtnosti větší, než u jiných meteorologických proměnných (změny tlaku vzduchu). Průběh jednotlivých meteorologických proměnných (tlak, teplota, vlhkost, oblačnost) spolu úzce souvisí, nicméně jako proměnná reprezentující nejlépe přímý vliv počasí na úmrtnost se jeví právě teplota vzduchu (Plavcová a Kyselý, 2010). V případě CVD je průběh úmrtnosti obdobný jako u celkové úmrtnosti a zejména po výrazných změnách teploty vzduchu připadá většina úmrtí právě na onemocnění oběhové soustavy (Plavcová a Kyselý, 2009a).



Obr. 6: Celková úmrtnost v ČR v létě 1986–2005 ve dnech okolo výrazného poklesu teploty vzduchu (13 °C v průměru za sledované období) pro celkovou populaci a pro věkovou skupinu 70+ let (vpravo). Vodorovné přerušované resp. plné čáry znázorňují 5% (95%) resp. 2,5% (97,5%) kvantil odchylek úmrtnosti. Na dolním grafu jsou znázorněny průběhy odchylek tlaku, teploty a relativní vlhkosti vzduchu od dlouhodobého průměru (převzato z: Plavcová a Kyselý 2010).



Obr. 7: To samé jako na obrázku 6 pro přechody studené fronty v letních měsících 1986–2005 (převzato z: Plavcová a Kyselý 2010)

2 Tepelný stres a kardiovaskulární onemocnění

2.1 Horko a kardiovaskulární onemocnění

Kardiovaskulární onemocnění (CVD) patří k hlavním příčinám úmrtí v obdobích vysokých teplot vzduchu (Basu a Samet, 2002). Vysoké riziko úmrtí bylo zaznamenáno zejména u starších lidí z důvodu snížené schopnosti tělesné termoregulace (Basu a Samet, 2002). U starších lidí byl také pozorován snížený pocit žízně a s tím spojený nižší příjem tekutin (Flynn, 2005). Zhoršená schopnost termoregulace nemusí být ani tak způsobena samotným věkem jako spíše chronickými chorobami, častějším užíváním běžných léků jako prášků na spaní či antidepresiv (Mercer, 2002) nebo horší fyzickou kondicí a tělesnou stavbou, které se častěji projevují u starších lidí (Kenney a Munce, 2003). Snížený celkový obsah vody vlivem dehydratace při vysokých teplotách vzduchu může mít za následek zvýšenou koncentraci sodíku (hypernatremie) a draslíku (hyperkalemie) v těle, což může vést ke zvýšení viskozity krve a k poruchám srdečního rytmu (Flynn, 2005).

Vysoká teplota vzduchu může přispět ke zvýšení počtu krevních destiček a červených krvinek, hladiny cholesterolu, zvýšení viskozity krve a srdečního výdeje (Cheng a Su, 2010). Nejčastější příčinou úmrtí během horké vlny v roce 2003 ve Francii u starší populace byly (podle Flynna, 2005) tromboembolické nemoci, pokročilá srdeční arytmie a horkem způsobený šok podobný sepsi (otrava krve). Vysoká teplota vzduchu může ale také uspišit onemocnění koronárních tepen nebo mozkový infarkt (Cheng a Su, 2010).

Nadměrná úmrtnost při horkých vlnách byla pozorována primárně u lidí s respiračními a kardiovaskulárními onemocněními (Basu a Samet, 2002). Kromě starší populace bylo zvýšené riziko úmrtí při horkých vlnách zjištěno u lidí žijících ve vysoce urbanizovaných částech měst obývaných chudší vrstvou obyvatelstva, zejména ve vyšších patrech bytových domů, u lidí vykonávajících fyzicky náročnější povolání (Oudin, 2011; Basu a Samet, 2002), dále u lidí žijících o samotě, zejména starších žen, které zaujímají stabilně v nejstarších věkových kategoriích větší podíl v populaci než muži (Kyselý a Kříž, 2008). Naopak mezi méně ohrožené skupiny patří lidé obývající při horkých vlnách klimatizované prostory, lidé, jejichž bydliště je obklopeno dostatkem zeleně, lidé vykonávající pravidelnou fyzickou aktivitu a také lidé přijímající během horkého počasí dostatek tekutin (Basu a Samet, 2002).

2.2 Chlad a kardiovaskulární onemocnění

Také v období nízkých teplot vzduchu jsou jednou z nejčastějších příčin úmrtí kardiovaskulární a respirační onemocnění (Cheng a Su, 2010). Chlad může svým působením na kardiovaskulární soustavu vést k nárůstu krevního tlaku, zvýšení srdečního výdeje (Morabito et al., 2005), zvýšení systémové vaskulární resistance (Eurowinter Group, 1997), vasokonstrikci, zvýšení viskozity krve, nárůstu počtu červených krvinek a zvýšení hladiny cholesterolu a fibrinogenu (Cheng a Su, 2010). Průměrný krevní tlak je v zimě vyšší než v létě a jeho další zvýšení při působení nízké teploty vzduchu představuje jedno z největších rizik pro pacienty s CVD, zvláště ty s hypertenzí (Cheng a Su, 2010). Ke zvýšení krevního tlaku může dojít i vlivem působení nízké teploty vzduchu na malé odkryté části těla (např. tvář; Edwards et al., 2008). Zvýšená spotřeba kyslíku díky vysokému krevnímu tlaku nebo zvýšené fyzické aktivitě při nízkých teplotách prostředí může vést k srdeční arytmii (Cheng a Su, 2010). Zvýšená srážlivost krve a krevní viskozita mohou díky vzniku a zanesení krevní sraženiny do srdce způsobit ischemickou chorobu srdeční (angina pectoris, infarkt myokardu; IKEM, 2011; Schwartz et al., 2004), nebo v případě vzniku sraženiny v oblasti mozkové nebo plicní cévy může nastat mozkový infarkt (mrtvice), resp. plicní embolie (Riedl, 1971). Vlivem vysokého krevního tlaku může také dojít k protržení zkornatělých tepen například v oblasti mozku a krvácení do mozku (Cheng a Su, 2010; Slýblová, 1971).

Riziko nadměrné úmrtnosti na CVD při nízkých teplotách vzduchu je vysoké především u starší populace (Kyselý et al., 2009; Carder et al., 2005; Huynen et al., 2001). Na rozdíl od vysokých teplot vzduchu mohou být ty nízké poněkud více rizikové pro venkovské obyvatelstvo (Conlon, 2011; Hajat et al., 2007) a pro lidi středního věku pracující při silných mrazech ve venkovním prostředí (Kyselý et al., 2009).

3 Teplota vzduchu a úmrtnost na kardiovaskulární onemocnění

Přes výše zmiňovanou možnost nárůstu zimních epizod vpádu arktického mrazivého vzduchu za přítomnosti vysokých rychlostí proudění do mírných šířek se v budoucnu díky oteplování klimatu očekává spíše pokles úmrtí způsobených chladem a nárůst úmrtí způsobených horkem (Haines et al., 2006). Nicméně studie předpovídající tyto změny jsou velmi nekonzistentní ve svých výsledcích (Gosling et al., 2009) a navíc míra adaptace společnosti na měnící se podmínky je další velkou neznámou (Conlon et al., 2011; Christidis et al., 2010; O'Neill et al., 2009, Gosling et al., 2009). Podrobnější výsledky vybraných studií zkoumajících vliv vysokých a nízkých teplot vzduchu na úmrtnost na CVD ve světě a v ČR jsou uvedeny v tabulce 6. Stručný přehled těchto studií následuje níže.

3.1 Evropa a svět

3.1.1 Horké vlny

Jak již bylo uvedeno, vlny extrémně vysokých teplot patří v Evropě k vůbec nejzávažnějším přírodním rizikům podle počtu obětí na lidských životech. Mimořádná horká vlna byla zaznamenána v létě 2003. Na většině území Francie po celé období 4. až 12. srpna 2003 denní maximální teplota vzduchu vystoupila nad 35 °C a v Paříži tato vlna pokořila všechna teplotní maxima od roku 1873 (Vandentorren a Empereur-Bissonnet, 2005). Většina úmrtí byla podle autorů způsobena přehřátím, nicméně u 23 % byla jako související příčina zjištěna CVD. Celkový počet zemřelých (bez rozlišení příčiny) v období 1. až 20. srpna 2003 ve Francii přesáhl 41 tisíc oproti očekávaným necelým 27 tisícům zemřelých. Největší nárůst úmrtnosti (*nadměrná úmrtnost*) oproti *očekávané* (průměrná/standardizovaná denní hodnota úmrtí za sledované období; viz část 7.2) byl zaznamenán u nejstarší skupiny obyvatelstva (nad 75 let), zejména v pečovatelských domech. Nejvyšší nadměrná úmrtnost byla zjištěna v městech střední a východní Francie (Dijon, Paříž, Le Mans a Lyon), kdežto v jižní Francii (Marseille, Nice, Toulouse) byly při stejných teplotách vzduchu hodnoty nadměrné úmrtnosti nižší (Vandentorren et al., 2004). To mohlo být způsobeno lepší aklimatizací vůči vysokým teplotám vzduchu u obyvatel jižní Francie (Vandentorren et al., 2004), nebo rozdílným složením populace v těchto městech (Filleul et al., 2006). Celkový počet obětí horkého léta 2003 v Evropě přesáhl 70 000 (EEA, 2010). V Itálii byla nejvyšší nadměrná úmrtnost zaznamenána ve velkých městech na severu (Turín a Milán) – zejména u lidí s nemocemi centrální nervové soustavy, kardiovaskulárními nebo respiračními onemocněními

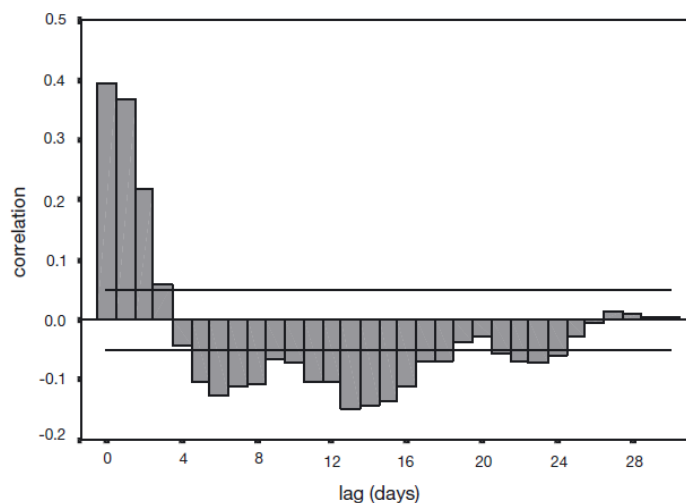
(Michelozzi, 2004). Nejvíce byly zasaženy opět nejstarší věkové skupiny (75–84 a 84+ let) a větší nadměrná úmrtnost byla zaznamenána u žen.

Efekt vysoké teploty vzduchu na úmrtnost na CVD v Nizozemí studovali Huynen et al. (2001). Při zvýšení teploty vzduchu nad teplotní optimum o 1 °C vzrostla během následujících 30 dní úmrtnost na CVD o 1,9 %. Teplotní optimum (teplota vzduchu s nejnižší úmrtností) za období 1979–1997 bylo pro obyvatele stanoveno na 16,5 °C. Narůst nadměrné úmrtnosti na CVD při vysokých teplotách vzduchu byl pozorován také například v Jižní Koreji (Kyselý a Kim, 2009), v Kalifornii (Basu a Ostro, 2008), nebo v Barceloně (Saez et al., 2000). Byla nalezena také silná souvislost mezi vysokými teplotami vzduchu a úmrtností na CVD přímo v nemocnicích (Itálie; Stafoggia et al., 2008).

Délka trvání extrémních teplot a období jejich nástupů jsou významnými faktory ovlivňujícími závažnost dopadu horkého (chladného) počasí na zdravotní stav obyvatelstva (Gosling et al., 2009). U horkých vln dochází jednak během roku a jednak v důsledku jednotlivých horkých vln k efektu posunu úmrtnosti (tzv. *mortality displacement*; Gosling et al., 2009). V měřítku jedné letní sezóny se tento jev projevuje zpravidla vyšší nadměrnou úmrtností v dřívějších horkých vlnách v roce než při srovnatelných horkých vlnách na konci letní sezóny. Podle bioklimatologických prací to může být způsobeno „předčasným“ úmrtím vážně nemocných lidí, způsobeným tepelným stresem na začátku teplého období (Gosling et al., 2009). Druhým faktorem může být jistá fyziologická a behaviorální nepřipravenost obyvatelstva na horké počasí na začátku teplého půlroku a následná aklimatizace na horké počasí během léta (Gosling et al., 2009; Kyselý a Kříž, 2008). V St. Louis byla například ze čtyř horkých vln nejvyšší úmrtnost zjištěna při horké vlně v roce 1980, která byla nejteplejší, nejdelší a také nastala nejdříve v roce (Gosling et al., 2009). Studie prokázaly, že horké vlny s delším trváním jsou rizikovější než izolované dny, s kterými je lidské tělo schopno lépe se vypořádat (Gosling et al., 2009).

Ke krátkodobému posunu úmrtnosti dochází i během jednotlivých horkých vln, při kterých dochází po počátečním nárůstu úmrtnosti kolem třetího až čtvrtého dne po dni výskytu vysoké teploty vzduchu (dne *d*) k poklesu pod očekávané hodnoty s trváním tohoto efektu dokonce až 30 dní po dni *d* (Huynen et al., 2001, Kyselý a Huth, 2004, Laschewski a Jendritzky, 2002; viz obr. 8). Příčina tohoto jevu je obdobná jako v předchozím případě – nakumulovaná úmrtí osob, které jsou v kritickém zdravotním stavu a horká vlna „pouze“ uspíší jejich úmrtí (Kyselý a Huth, 2004). Kyselý a Huth (2004) odhadují podíl posunutých úmrtí během horké vlny v roce 1994 v ČR až na 50 % všech obětí – přibližně polovina zemřelých by v blízké

době pravděpodobně zemřela i bez přítomnosti horké vlny. Je otázkou, jak se tento jev může projevat u hospitalizací (na CVD) při a po horkých vlnách.



Obr. 8: Mortality displacement – Korelace mezi nadměrnou úmrtností a odchylkami průměrné denní teploty vzduchu při zpoždění 0–30 dní po dni *d* v období duben–září za období 1992–2000. Vodorovné čáry znázorňují hranice statistické významnosti (převzato z Kyselý a Huth, 2004).

3.1.2 Studené vlny

Vliv období nízkých teplot vzduchu na úmrtnost (na CVD) je hůře pozorovatelný, protože prodleva mezi chladným počasím a jeho vlivem na úmrtnost je obvykle delší a spojitost je na rozdíl od horkých vln méně přímá a geograficky více proměnlivá (Cheng a Su, 2010). Navíc se do hry dostávají další faktory, jako zejména epidemie akutních respiračních infekčních onemocnění a chřipky (dále *chřipkové epidemie*, viz část 5). Již zmiňovaní Huynen et al. (2001) zjistili při poklesu teploty vzduchu o 1 °C pod (výše uvedené) teplotní optimum navýšení úmrtnosti na CVD v následujících 30 dnech o 1,7 % (oproti 1,9 % při nárůstu teploty). Na rozdíl od zmiňovaného efektu posunu úmrtnosti na CVD při nárůstu teploty byla při poklesu teploty vzduchu nadměrná úmrtnost patrná i s více než 14denním zpožděním po dni *d*.

Celková průměrná nadměrná úmrtnost sledovaného období (1979–1997) byla ale při horkých vlnách nižší než při vlnách studených – 12,1 % oproti 12,8 % (Huynen et al., 2001). Nadměrná úmrtnost při studených vlnách byla podle autorů zapříčiněna zejména nárůstem úmrtnosti na CVD a nárůstem úmrtnosti obyvatel ve věku ≥ 65 let při těchto epizodách. Z analýz nebyla odstraněna období s chřipkovými epidemiemi, ale byla analyzována i úmrtnost na respirační choroby, která zejména při studených vlnách vykazovala mnohem větší rozkolísanost hodnot mezi jednotlivými epizodami než CVD. Tato rozkolísanost by mohla být mimo jiné způsobena právě významností chřipkových epidemií v jednotlivých letech (Kynčl et al., 2005; Huynen et al., 2001). Nadměrná úmrtnost na CVD při nízkých

teplotách vzduchu byla také pozorována například ve Velké Británii (Aylin et al., 2001; Carder et al., 2005).

3.2 Česká republika

Vliv horkých vln na úmrtnost a úmrtnost na CVD v ČR srovnávali Kyselý a Kříž (2008). Průměrné hodnoty relativního nárůstu celkové úmrtnosti i úmrtnosti na CVD (muži i ženy) při horkých vlnách v letech 1986–2006 dosahovaly podobných hodnot (viz tabulka 4). U mužů byl relativní nárůst celkové úmrtnosti vyšší než nárůst úmrtnosti na CVD, zatímco u žen tomu bylo naopak a rozdíl se ještě zvyšoval s jednodenním zpožděním. Vyšší nárůst úmrtnosti u žen podle autorů nejspíše souvisí s nejvyšší úmrtností při vysokých teplotách ve věkové kategorii nad 70 let, ve které mají ženy výrazně větší zastoupení. V létě 1994 zasáhla ČR za posledních dvacet let nejtragičtější horká vlna s počtem 520 úmrtí nad očekávanou hodnotu (obr. 9), z kterých asi 73 % tvořili pacienti s CVD.

Nadměrná úmrtnost na CVD při studených vlnách byla v ČR v letech 1986–2006 zjištěna u všech věkových skupin (nad 25 let) a u obou pohlaví (Kyselý et al., 2009). Skupinu

Tabulka 4: Průměrný relativní nárůst celkové úmrtnosti a úmrtnosti na CVD (oproti očekávaným hodnotám) v ČR během horkých vln 1986–2006 (převzato z Kyselý a Kříž, 2008).

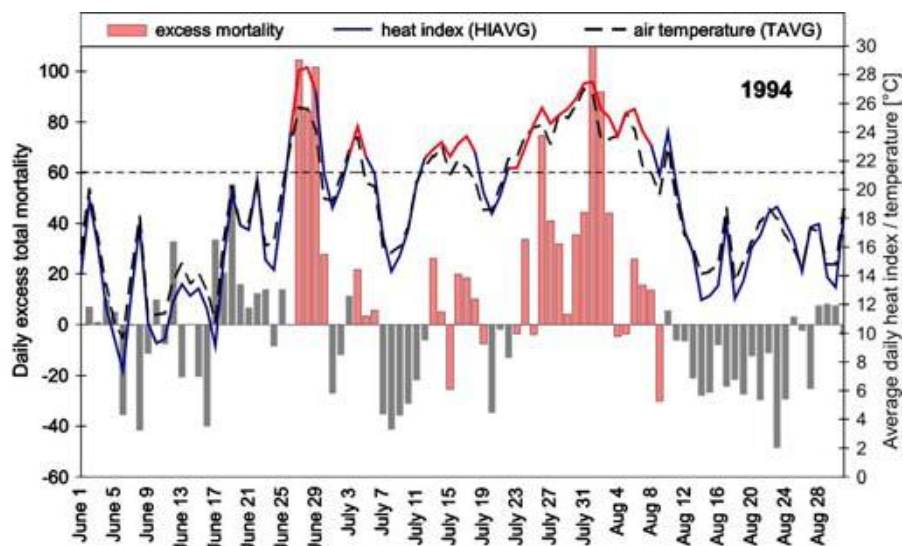
		Lag 0 day		Lag 1 day	
		All ages	70+ years	All ages	70+ years
Total mortality	M+F	8.8	10.1	8.7	10.6
	M	7.4	8.1	6.7	7.7
	F	10.2	11.6	10.8	12.6
CVD mortality	M+F	8.9	10.4	9.2	11.0
	M	5.9	7.2	5.6	6.9
	F	11.6	12.5	12.3	13.5

M Males, F females

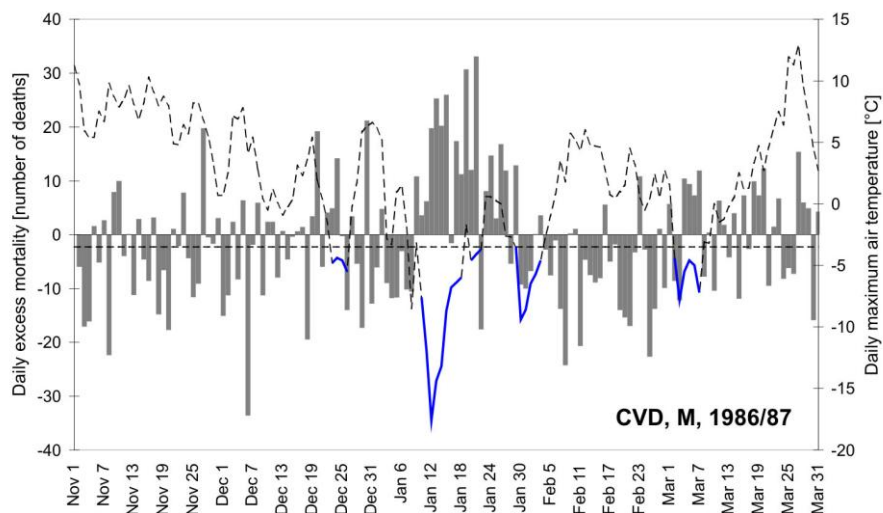
s nejvýznamnější relativní nadměrnou úmrtností na CVD tvořili muži ve věku 25–59 let (13,8 %, významné na $p = 0,05$), což autoři vysvětlují větším počtem mužů (oproti ženám) v této věkové kategorii pracujících v zimě venku (na stavbách apod.). Nejvýznamnější studená vlna byla v ČR zaznamenána v lednu 1987, při které dosáhla nadměrná úmrtnost na CVD hodnoty 274 osob (z toho 215 mužů; obr. 10).

Vzhledem k výsledkům z ostatních evropských studií zkoumajících regionální rozdíly (viz část 3.3) by se dalo očekávat, že městské obyvatelstvo bude více náchylné na letní horké vlny a venkovské obyvatelstvo bude více náchylné na zimní studené vlny. Práce Plavcová a Kyselý (2009b) tento předpoklad potvrzuje. Vůbec největší dopad na nadměrnou úmrtnost v ČR měla horká období v létě a více se efekt horkých dnů projevil v Praze než pro celou ČR. Naopak efekt chladných období se projevoval v Praze méně než ve výsledcích za celou ČR.

Riziko úmrtí při horkých a studených teplotních epizodách v populaci ČR srovnávala i nejnovější studie (Kyselý et al., 2011). Nejvyšší riziko nadměrné úmrtnosti na CVD při horkých epizodách bylo zjištěno u žen nad 70 let s typickým efektem posunu úmrtnosti (mortality displacement, viz výše) do prvních dnů po dni d , zatímco při chladných epizodách jsou nejvíce ohroženi muži ve středním věku (25–59 let), také v nejbližších dnech po dni d . Naopak u starších věkových skupin se projevuje větší zpoždění maximální nadměrné úmrtnosti – zřejmě zde působí jiné fyziologické mechanismy (Kyselý et al., 2011).



Obr. 9: Horká vlna v roce 1994, nadměrná úmrtnost, heat index a prům. teplota v ČR (převzato z: Kyselý a Kříž, 2008).



Obr. 10: Studená vlna v sezóně 1986/87, nadměrná úmrtnost na CVD u mužů, maximální teplota vzduchu (Kyselý et al., 2009).

3.3 Regionální rozdíly

Stejně jako existují regionální rozdíly v podnebí, existují i rozdíly v adaptaci obyvatelstva na horké/chladné výkyvy počasí. Tím jsou myšleny rozdíly ve fyziologické aklimatizaci obyvatelstva v globálním měřítku, ale také rozdíly v životním stylu v kontinentálním měřítku. Mezi rozdíly v životním stylu můžeme zařadit například různé zvyklosti v oblékání (například v jižní a severní části Evropy) při stejné teplotě vzduchu, resp. rozdílné zkušenosti s extrémními teplotami vzduchu a z toho plynoucí zvolení vhodného oblečení. Autoři z pracovní skupiny Eurowinter Group (1997) zkoumali možný vliv nízké teploty vzduchu a životního stylu na úmrtnost na kardiovaskulární a respirační onemocnění v rozličných evropských regionech od jižního Finska po Atény. Srovnávali způsob oblékání a vytápění domácností v daných oblastech v chladném půlroce. Celková úmrtnost (po odstranění vlivu chřipky) narůstala s poklesem teploty vzduchu pod teplotní optimum (18 °C) rychleji v teplejších regionech (2,2 % při poklesu o 1 °C v Aténách oproti 0,3 % v jižním Finsku). Průzkum ukázal, že při průměrné denní teplotě 7 °C mají obyvatelé v teplejších regionech ve svých domovech nižší pokojovou teplotu a zároveň méně často při pobytu venku nosí teplejší oblečení (čepice, kalhoty, bundy, rukavice; 13 % v Aténách, 72 % ve Finsku) a vystavují se tak většímu stresu z chladu.

Kromě rozdílných zvyků v oblékání existují také rozdíly mezi regiony v používání pomůcek pro udržování vyhovující pokojové teploty v domácnostech. Také v USA byly zjištěny regionální rozdíly v úmrtnosti při vysokých a nízkých teplotách vzduchu. Braga et al. (2002) nezjistili významnou spojitost mezi nadměrnou úmrtností na CVD a vysokými/nízkými teplotami vzduchu v jižních městech USA, zatímco v severních městech byla nalezena spojitost s oběma extrémy. Curriero et al. (2002), kteří porovnávali severní a jižní města na východě USA, zjistili větší riziko úmrtí (všechny příčiny) při nízkých teplotách vzduchu na jihu a naopak větší riziko úmrtí při vysokých teplotách vzduchu bylo zaznamenáno ve městech na severu. Menší spojitost zejména vysokých teplot s úmrtností obyvatelstva v jižních městech USA například oproti jižní Evropě je podle Bragy et al. (2002) způsobena častějším používáním klimatizačních zařízení v USA. V Evropě byla naopak zjištěna nižší úmrtnost v zimě v případě vybavení bydliště ústředním topením (Eurowinter Group, 1997). Braga et al. (2002) tvrdí, že klimatizace/vytápění místností a chování lidí při vysokých/nízkých teplotách vzduchu mohou zásadně ovlivnit dopad extrémních teplot na lidské zdraví, ale že takové chování je obvyklejší v těch oblastech, kde je daný teplotní extrém běžný.

V prostorovém měřítku ČR ovšem nelze předpokládat, snad s výjimkou horských oblastí, výrazné regionální rozdíly v oblékání obyvatel a jiných druzích adaptace vůči klimatu. Ve střední Evropě jsou práce zabývající se regionálními rozdíly v úmrtnosti při horkém/chladném počasí relativně ojedinělé. Gabriel a Endlicher (2011) zjistili zvýšenou úmrtnost při horkých vlnách v Berlíně i v sousedním (venkovském regionu) Braniborsku. Nejvyšší nadměrná úmrtnost (až 50%) byla ale zjištěna v nejhustěji urbanizovaných čtvrtích Berlína. Více autorů se touto problematikou zabývá v západní a jižní Evropě. Hajat et al. (2007) zjistili v Anglii a Walesu vyšší riziko úmrtí při vysokých teplotách v Londýně, zatímco riziko úmrtí při nízkých teplotách vzduchu bylo oproti ostatním regionům nejvyšší v regionu Východní Anglie. Rozdíly mezi ostatními regiony Anglie a Walesu byly ale minimální. Vliv vysokých teplot vzduchu na úmrtnost byl významnější u žen v městské populaci. Oproti tomu malé rozdíly mezi pohlavími v rámci kritéria město/venkov byly zjištěny pro účinek nízkých teplot vzduchu. Také další studie zjistily obecně větší náchylnost venkovského obyvatelstva na chladový stres (Conlon et al., 2011; Gómez-Acebo et al., 2010) a naopak vyšší riziko úmrtí městského obyvatelstva při vysokých teplotách vzduchu (O'Neill et al., 2009; Tan et al., 2010), respektive větší podíl úmrtí vinou tepelného stresu v hustě urbanizovaných čtvrtích (Smoyer et al., 2000, Loughnan et al., 2008; Medina-Ramón a Schwartz, 2007). Jako hlavní důvod vyššího počtu úmrtí městského obyvatelstva při horkých vlnách oproti venkovskému je často zmiňován zesílený efekt městského tepelného ostrova v nočních hodinách, který během horkých vln zabraňuje dostatečnému ochlazování vzduchu a odpočinku lidského organismu od tepelného stresu (Fischer et al., 2012; Kovats a Hajat, 2008). Jiné studie, zejména z USA, na druhou stranu nezjistily vyšší podíl úmrtí z horka v městských okresech (Sheridan a Dolney, 2003 – Ohio). Hattis et al. (2012 – Massachusetts) sice zjistili nejvyšší míru nadměrné úmrtnosti v nejhustěji zalidněných oblastech, ale vliv demografických charakteristik oblasti (např. věkové struktury) na míru úmrtnosti je podle autorů mnohem významnější než míra urbanizace jako takové. Stejně tak Wu et al. (2010) zmiňují význam vlivu socioekonomických (ekonomický status, schopnost adaptace vůči extrémním teplotám) a demografických faktorů (etnické složení populace) na úmrtnost obyvatelstva při chladných a horkých epizodách na Taiwanu. Dostupnost a rozšířenost klimatizací v USA může do jisté míry zkreslovat srovnání s Evropou, kde nejsou klimatizace v domácnostech tolik obvyklé (Medina-Ramón a Schwartz, 2007; Henderson, 2005).

Mohlo by se tedy zdát, že jednoduchým receptem, jak snížit nadměrnou úmrtnost obyvatelstva při horkých vlnách v Evropě, je větší vybavenost domácností klimatizačními jednotkami. Podle některých studií z USA může používání klimatizací snížit počet úmrtí až

o 20 % (New York; Gosling, 2009). Také Ostro et al. (2010) uvádí, že větší rozšíření klimatizačních jednotek může snížit riziko nadměrné úmrtnosti na CVD. Klimatizační jednotky samotné jsou ovšem velkým producentem tepla, což může při horkých dnech, zejména ve velkých městech, znamenat udržování přijatelné pokojové teploty v budovách na úkor dalšího zvýšení venkovní teploty vzduchu (Gosling et al., 2009). Dalším rizikem velkého počtu na plný výkon zapnutých klimatizací je přetížení napájecí sítě, jako se tomu stalo například v Chicagu v roce 1995, kdy zůstalo právě v období horké vlny bez elektřiny 49 tisíc domácností (Gosling et al., 2009). Z tohoto důvodu je žádoucí z dlouhodobého hlediska snižovat zdravotní riziko horkých a studených vln i jinými (méně energeticky náročnými) opatřeními, jako je vysazování městské zeleně a příhodnější územní plánování (Conlon et al., 2011, O'Neill et al., 2009).

Tabulka 5: Přehled vybraných prací studujících vliv vysoké/nízké teploty vzduchu na nárůst úmrtnosti na CVD.

Úmrtnost na CVD a teplota vzduchu			
autoři	sledovaný jev	ukazatel	výsledek
Eurowinter Group (1997)	souvislost mezi nízkými teplotami vzduchu a nárůstem úmrtnosti vlivem stresu z chladu v 8 rozdílných evropských regionech v zimním půlroce (říjen – březen) v letech 1988–1992	nárůst denní úmrtnosti v zimě (X–III) při poklesu teploty vzduchu o 1 °C pod 18 °C oproti očekávané úmrtnosti (ošetřené o vliv chřipkových epidemií) při teplotě 18 °C; regionální rozdíly v ochraně obyvatel před vystavením chladu při venkovní teplotě 7 °C;	vyšší nárůst celkové úmrtnosti při poklesu teploty vzduchu pod 18 °C v jižnějších regionech; v Londýně vyšší nárůst úmrtnosti než v regionech s podobnou zeměpisnou šířkou (Bádensko-Württembersko, Nizozemí); obdobný vztah i u ischemických nemocí srdečních a CVD, ale bez statistické významnosti; naopak statisticky významná nižší očekávaná úmrtnost (18 °C) na CVD s vyšší průměrnou zimní (X–III) teplotou vzduchu v regionu; při 7 °C nižší pokojová teplota v jižnějších regionech, méně časté nošení teplého oblečení v těchto regionech => stat. významná spojitost zejména s respiračními chorobami, ale při nižší významnosti i s CVD
Aylin et al. (2001)	vztahy mezi teplotou vzduchu a nadměrnou zimní úmrtností obyvatel ≥ 65 let s ohledem na kvalitu bydlení ve Velké Británii v letech 1986–1996	riziko úmrtí v zimním období (prosinec–březen; ošetřeno o vliv chřipkových epidemií) oproti zbytku roku -> riziko úmrtí v zimě při poklesu průměrné denní teploty vzduchu pod průměrnou teplotu vzduchu za období 1986–1996	riziko 1,5%/1,8% nárůstu počtu úmrtí na ischemické nemoci srdeční/cévní onemocnění mozku v zimě (prosinec–březen)
Huynen et al. (2001)	vliv teploty vzduchu na úmrtnost v Nizozemsku 1979–1997	relativní nárůst nadměrné úmrtnosti při nárůstu/poklesu teploty vzduchu nad/pod teplotní optimum (16,5 °C pro CVD) v předchozích 30 dnech; nadměrná úmrtnost = pozorovaný počet úmrtí/průměrný počet úmrtí za sledované období * data neošetřena o vliv chřipkových epidemií	1,86% nárůst úmrtnosti na CVD při nárůstu teploty vzduchu, max. při zpoždění 0–2 dny; 1,69% nárůst úmrtnosti na CVD při poklesu teploty vzduchu, max. při zpoždění 7–14 dnů;
Braga et al. (2002)	efekt počasí na úmrtí na respirační nemoci a CVD ve 12 městech USA v letech 1986–1993.	relativní riziko úmrtí na CVD v závislosti na průměrné teplotě vzduchu v chladných (severních) a horkých (jižních) městech USA * data neošetřena o vliv chřipkových epidemií	v severních městech nízké (< -10 °C) i vysoké (> 30 °C) teploty vzduchu spojitost s nárůstem úmrtí na CVD; infarkt myokardu: 2× větší efekt vysokých teplot oproti nízkým; CVD: 5× větší efekt nízkých teplot vzduchu oproti vysokým; v jižních městech malý efekt vysoké i nízké teploty vzduchu na úmrtnost na CVD => spojitost s vlastnictvím klimatizačních jednotek

Curriero et al. (2002)	efekt počasí na úmrtnost v 11 městech východního pobřeží USA v letech 1973–1994	nárůstu relativního rizika úmrtí při nárůstu/poklesu teploty vzduchu nad/pod teplotu minimální úmrtnosti (TMÚ) určenou zvlášť pro každé město * data nešetřena o vliv chřipkových epidemií	vyšší nárůst rizika úmrtí při nárůstu teploty nad TMÚ v severních městech USA; vyšší nárůst rizika úmrtí při poklesu teploty pod TMÚ v jižních městech; nižší TMÚ v severnějších městech; významná spojitost mezi vlastnictvím klimatizace a nižším rizikem úmrtí při nárůstu teploty vzduchu nad TMÚ, nevýznamná spojitost mezi vlastnictvím topení a nižším rizikem úmrtí při poklesu teploty pod TMÚ; obdobné vztahy jako pro celkovou úmrtnost nalezeny pro CVD
Michelozzi (2004)	nadměrná úmrtnost při horké vlně 2003 v Itálii (Řím, Milán a Turín)	rozdíl počtu úmrtí v letních sezónách 2002 a 2003	nadměrná úmrtnost dosáhla v Římě 20 %, Miláně 23 %, Turíně 33 %; největší u obyvatel nad 85 let a u žen; v Miláně zvýšená úmrtnost u lidí s přidruženými CVD (srdeční arytmií), kardiopulmonálními nemocemi a nemocemi krve
Carder et al. (2005)	efekt nízké teploty vzduchu na úmrtnost na kardiovaskulární a respirační nemoci ve třech skotských městech 1981–2001	relativní nárůst úmrtnosti při poklesu teploty vzduchu o 1°C v předchozích 30 dnech * data nešetřena o vliv chřipkových epidemií	3,35% nárůst úmrtnosti na CVD při poklesu průměrné teploty vzduchu o 1 °C pod hranici 11 °C; max. u obyvatel ≥ 65 let a při zpoždění 1–6 dní
Basu a Ostro (2008)	vliv teploty vzduchu na úmrtnost v Kalifornii za období květen 1999 až září 2003	procentuelní změna nadměrné úmrtnosti na vybrané diagnózy při nárůstu indexu horka o 10 °F (5,6 °C) ve srovnání s odhadovanou hodnotou úmrtnosti určenou ze 4 referenčních období před a 6 referenčních období po výskytu případu úmrtí	každý nárůst indexu horka o 5,6 °C odpovídal 2,6% nárůstu úmrtnosti na CVD s nejvýznamnějším rizikem pro ischemické choroby srdeční
Kyselý a Kříž (2008)	nadměrná úmrtnost v ČR během horké vlny 2003	nadměrná úmrtnost jako rozdíl počtu úmrtí během horkých vln a standardizovaného očekávaného počtu úmrtí z let 1986–2006; horká vlna definována jako min. 3 dny s indexem horka nad 95% kvantil rozdělení s alespoň jedním dnem nad 98% kvantil	9,2% nadměrná úmrtnost během horkých vln s jednodenním zpožděním, nejvyšší u žen a osob starších 70 let
Stafoggia et al. (2008)	spojitost mezi indexem horka a úmrtností pacientů ≥ 65 let hospitalizovaných minimálně 2 dny před úmrtím ve čtyřech italských městech v letech 1997–2004	riziko úmrtí ve dnech s průměrným indexem horka 30 °C (zpoždění 0–1 den) oproti dnům s indexem horka 20 °C u pacientů ≥ 65 let	statisticky významné riziko nalezeno pro cévní nemoci mozku (1,60), srdeční selhání (1,66) a kardiopulmonální nemoci (1,82)

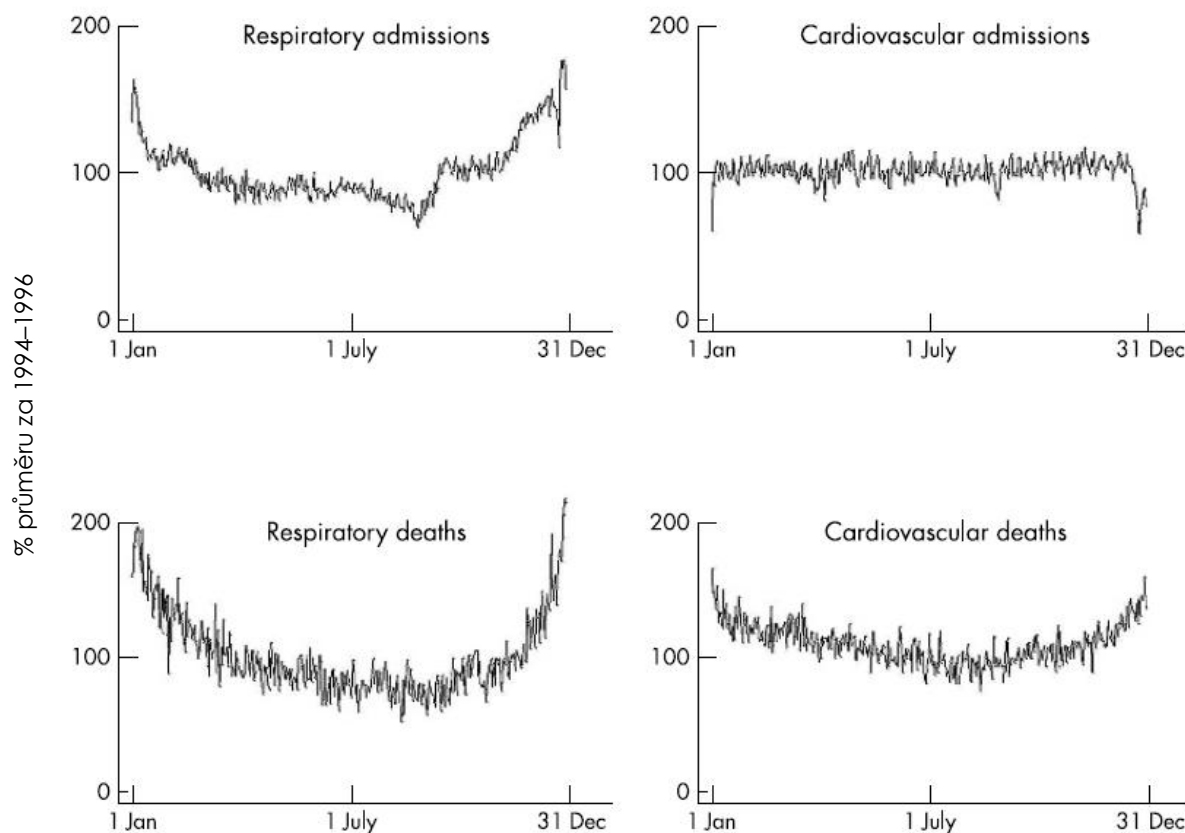
Kyselý et al. (2009)	úmrtnost na CVD během studených vln v ČR 1986–2006	nadměrná úmrtnost jako rozdíl počtu úmrtí během studených vln a standardizovaného (odstraněn vliv sezónnosti, týdenního chodu, chřipkových epidemií) očekávaného počtu úmrtí z let 1986–2006; studená vlna definována jako min. 3 dny s maximální denní teplotou vzduchu $< -3,5$ °C	pozitivní vztah mezi nadměrnou úmrtností na CVD a výskytem studené vlny, nejvýraznější 13,8% nadměrná mortalita u mužů ve věku 25–59 let, se zpožděním 1 den; u starších věkových skupin větší zpoždění maximální nadměrné úmrtnosti
Kyselý a Kim (2009)	úmrtnost (celková a CVD) spojená s horkem v letech 1991–2005 v Jižní Koreji	nadměrná úmrtnost jako rozdíl očekávaného (odstraněn vliv sezónnosti, týdenního chodu) a skutečného počtu úmrtí během horkých vln ve sledovaném období; horká vlna jako období alespoň tří dnů s indexem horka nad 33 °C (97% kvantil rozdělení)	průměrná nadměrná celková úmrtnost při horkých vlnách za sledované období 5,9 %; průměrná nadměrná úmrtnost na CVD během horkých vln 9,0 %; nejvyšší úmrtnost na CVD u mužů nad 70 let
Kyselý et al. (2011)	úmrtnost na CVD během horkých a studených vln v ČR 1986–2006	nadměrná úmrtnost jako rozdíl počtu úmrtí během horkých/studených epizod a standardizovaného (odstraněn vliv sezónnosti, týdenního chodu, chřipkových epidemií) očekávaného počtu úmrtí z let 1986–2006; horké/studené epizody jako min 2 dny s anomálií průměrné denní teploty vzduchu nad 95% (pod 5%) kvantilem rozdělení anomálií za předchozí a následující měsíc od daného dne	nejvýznamnější nadměrnou úmrtnost na CVD při horkých vlnách u obyvatelstva (zejména žen) nad 70 let; při studených vlnách jako nejnáchylnější muži středního věku (25–59 let)

Tabulka 6: Přehled vybraných prací studujících vliv vysoké/nízké teploty vzduchu na nárůst hospitalizací na CVD.

Nemocnost na CVD a teplota vzduchu			
autoři	sledovaný jev	ukazatel	výsledek
Semenza et al. (1999)	nadměrné hospitalizace během horké vlny v roce 1995 v Chicagu	nadměrné hospitalizace při horké vlně v týdnu 13.–19.7.1995 oproti průměrnému počtu hospitalizací daného dne v týdnu spočítaného ze 3 týdnů v červenci 1994 a předcházejícího týdne v červenci 1995	u CVD jako primární příčiny hospitalizace během horké vlny nezjištěn statisticky významný nárůst; u CVD jako sekundární příčiny u obyvatel ≥ 65 let zjištěn 23% nárůst hospitalizací na CVD
Feigin et al. (2000)	vliv počasí na výskyt cévních nemocí mozku na Sibiři v letech 1982–1992	poměr výskytu případů vybraných cévních nemocí mozku při vybraných teplotních rozmezích při ošetření modelu o vliv sezonality, sluneční aktivity a věku pacientů * data neošetřena o vliv chřipkových epidemií	nárůst případů mozkového infarktu při denní teplotě vzduchu $\leq -2,0$ °C a nárůst případů intracerebrálního krvácení při denní teplotě vzduchu v rozmezí $-1,9$ až $7,2$ °C, obojí oproti dnům s teplotou vzduchu $\geq 7,3$ °C
Kovats et al. (2004)	rozdíl mezi nadměrnou úmrtností a hospitalizacemi při horkých dnech v Londýně v období 1994–2000	relativní riziko úmrtí a hospitalizací metodou lineární regrese s kubickou křivkou; nárůst hospitalizací/úmrtí při nárůstu teploty vzduchu nad prahovou hodnotu; *data ošetřena o vliv sezónnosti, týdenního chodu, chřipkových epidemií, znečištění ovzduší, státních svátků, relativní vlhkosti vzduchu	nevýznamný 1,7 % nárůst hospitalizací na CVD při nárůstu teploty vzduchu o 1 °C nad 24 °C; významný pokles hospitalizací na cévní nemoci mozku ($-0,9$ %) při nárůstu teploty vzduchu nad 13 °C; při horké vlně v roce 1995 významná nadměrná celková úmrtnost (10,8%) oproti nevýznamným nadměrným hospitalizacím (2,6%)
Morabito et al. (2005)	souvislost mezi počasím a hospitalizacemi na infarkt myokardu ve Florencii v letech 1998–2002	míra hospitalizací (počet hospitalizací/počet diskomfortních dnů pro každý den) během diskomfortních dnů podle délky působení diskomfortních podmínek; letní/zimní diskomfortní den: 90%/10% kvantil heat/wind chill indexu * data neošetřena o vliv chřipkových epidemií	s. významná nadprůměrná míra hospitalizací na infarkt myokardu u mužů < 65 let při působení horkého diskomfortu alespoň 9 hodin v letním diskomfortním dnu; s. významná nadprůměrná míra hospitalizací na infarkt myokardu u žen ≥ 65 let při působení chladného diskomfortu alespoň 5 hodin v zimním nekonformním dnu
Linares a Díaz (2007)	vliv vysoké teploty vzduchu na hospitalizace v Madridu v období duben–září 1995–2000	nárůst hospitalizací na CVD, respirační nemoci a všechny případy při nárůstu maximální teploty vzduchu o 1 °C nad 36 °C	4,6% / 17,9% nárůst hospitalizací na všechny případy u obyvatel všeho věku / > 75 let; nezjištěn vliv nárůstu teploty vzduchu na hospitalizace na CVD; 27% nárůst hospitalizací na respirační nemoci u osob > 75 let
Mastrangelo et al. (2007)	vztah mezi hospitalizacemi a intenzitou a délkou trvání horkých vln v letech 2002 a 2003 v Itálii (region Veneto)	poměr výskytu hospitalizací při horkých vlnách (3 a více dnů s indexem horka nad 40 °C) oproti průměrnému výskytu hospitalizací v létě 2002 a 2003 u osob ≥ 75 let	nebyl zjištěn vliv výskytu, délky trvání ani intenzity horké vlny na hospitalizace na CVD na rozdíl od onemocnění spojených s horkem a respiračních onemocnění

Knowlton et al. (2009)	hospitalizace a návštěvy pohotovostí při horké vlně 2006 v Kalifornii	relativní nadměrná nemocnost během horké vlny (15.7.–1.8.) oproti referenčním obdobím (8.–14.7. a 12.–22.8.)	CVD – 2% významný nárůst návštěv pohotovostí, nevýznamný 1% nárůst hospitalizací, větší riziko u latinskoamerického obyvatelstva; 600% nárůst nemocí spojených s horkem (např. úžeh)
Michelozzi et al. (2009)	index horka a hospitalizace na CVD a respirační nemoci ve 12 evropských městech od dubna do září 1990–2001	procentuelní změna nadměrných hospitalizací při nárůstu teploty vzduchu o 1 °C nad 90% percentil maximálního indexu horka určeného zvlášť pro každé město	nebyla prokázána statisticky významná souvislost mezi hospitalizacemi na CVD a nárůstem indexu horka na rozdíl od statisticky významného nárůstu hospitalizací na respirační nemoci
Bhaskaran et al. (2010)	krátkodobý efekt teploty vzduchu na riziko infarktu myokardu v Anglii a Walesu v letech 2003–2006	relativní riziko případů infarktu myokardu metodou lineární regrese s kubickou křivkou; změna rizika při změně teploty vzduchu o 1 °C; * data ošetřena o vliv sezónnosti, chřipkových epidemií, znečištění ovzduší, státních svátků, týdenního chodu, relativní vlhkosti vzduchu	pokles průměrné denní teploty vzduchu o 1°C spojen s celkově 2% nárůstem rizika infarktu myokardu během následujících 28 dnů; největší riziko zjištěno při zpoždění 2–7 (0,6 %), resp. 8–14 (0,7 %) dnů; při nárůstu teploty nebyl zjištěn významný efekt na nárůst případů
Bayentin et al. (2010)	krátkodobý efekt teploty vzduchu na případy ischemické nemoci srdečních v kanadské provincii Québec 1989–2006	relativní nadměrné riziko hospitalizace na ischemické nemoci srdeční při poklesu/nárůstu zimní/letní teploty vzduchu pod/nad prahovou hodnotu (inflexní bod kubické křivky) * data neošetřena o vliv chřipkových epidemií	nalezena spojitost mezi nízkými teplotami vzduchu v zimě a vysokými teplotami vzduchu v létě a nárůstem hospitalizací na ischemické nemoci srdeční až o 12%; vyšší riziko muži a ženy 45–64 let; rozdíly podle regionů, nejvyšší riziko v regionech s vyšším podílem kuřáků a nižší životní úrovní
Green et al. (2010)	index horka a hospitalizace v Kalifornii v letech 1999–2005	procentuelní nárůst rizika hospitalizací na vybrané diagnózy při nárůstu indexu horka o 10 °F (5,6 °C) oproti referenčním hodnotám každý třetí den v daném měsíci	nárůst indexu horka o 5,6 °C spojen s 3,5% nárůstem rizika hospitalizací na mozkový infarkt u pacientů ≥ 65 let, u ostatních CVD nenalezen statisticky významný nárůst rizika
Ma et al. (2011)	vliv extrémních teplot vzduchu na hospitalizace v Šanghaji v letech 2005–2008	relativní nadměrné hospitalizace při horké/studené vlně oproti průměru z dvou referenčních období o stejné délce ze stejného léta/zimy; horká vlna období min. 7 dnů s maximální denní teplotou > 35 °C a průměrnou denní teplotou > 97% kvantil za sledované období, studená vlna období 7 dnů s maximální a průměrnou denní teplotou < 3% kvantil za sledované období * data neošetřena o vliv chřipkových epidemií ani sezónnosti hospitalizací	během horké vlny 2007 – 8% nárůst hospitalizací na CVD; během studené vlny 2008 – 33% nárůst hospitalizací na CVD

4 Teplota vzduchu a nemocnost na CVD

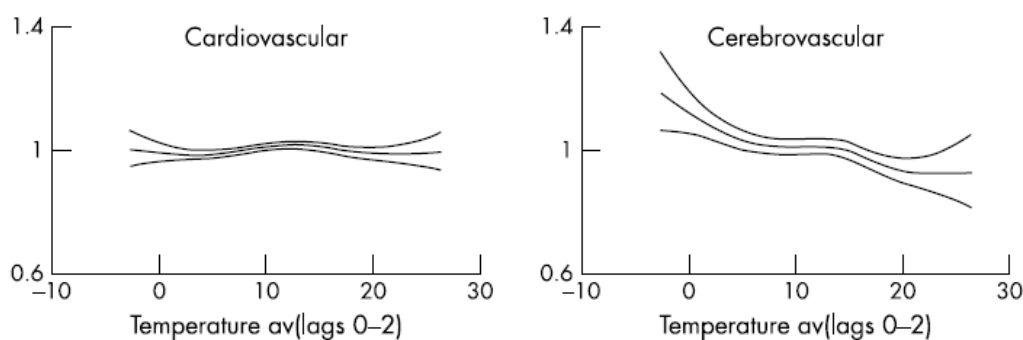


Obr. 11: Sezónní vývoj hospitalizací (admissions) a úmrtí (deaths) na respirační (vlevo) a kardiovaskulární onemocnění ve Velkém Londýně. Udáváno v procentech průměru hospitalizací za období 1994–1996 (převzato z Kovats et al., 2004).

Jak je vidět na obrázku 11 znázorňujícím roční chod nemocnosti (hospitalizací) a úmrtí na respirační onemocnění a CVD v Londýně, na základě sledovaného průběhu úmrtnosti na CVD během roku není možné činit stejné závěry pro hospitalizace. Například výrazný pokles hospitalizací na CVD v období Vánoc naznačuje, že zde nejspíš mnohem výraznější roli hraje lidský faktor – lidé se mohou v některých případech lehké srdeční příhody „rozhodnout“, jestli vyhledají lékařskou pomoc hned, nebo až po Vánocích. Při srovnání průběhu hospitalizací na CVD s ročním chodem úmrtí na CVD, kde naopak můžeme vidět na konci roku nárůst, je ovšem možné tento vztah interpretovat i tak, že lidé během Vánoc podcení situaci, případně se jim nepodaří tak rychle sehnat lékařskou pomoc, a následně dochází k více úmrtím.

Výsledky vybraných studií zkoumajících vliv vysoké/nízké teploty vzduchu na hospitalizace na CVD jsou uvedeny v tabulce 6. Celkově je těchto prací výrazně méně než pro úmrtnost na CVD a jejich výsledky jsou poměrně nejednoznačné (viz dále).

4.1 Vysoké teploty vzduchu



Obr. 12: Relativní riziko (osa y) hospitalizace při průměrné teplotě vzduchu za 3 dny v Londýně. Horní a dolní křivka znázorňují 95% konfidenční interval. Vpravo cévní nemoci mozku (převzato z Kovats et al., 2004).

Například při horké vlně v létě 1995 v Londýně dosáhla hodnota nadměrných hospitalizací (oproti referenčním hodnotám za období 1994–2000) pouze nevýznamných 2,6 % oproti statisticky významné 10,8% nadměrné úmrtnosti (Kovats et al., 2004). V případě analýzy celoročního vlivu průměrné teploty vzduchu na hospitalizace (při odstranění vlivů mnoha faktorů jako sezónního a týdenního chodu, chřipkových epidemií, Vánoc, znečištění ovzduší) nebyl u CVD (I00–I99; pro kódy a zkratky onemocnění viz kapitolu 7) zjištěn výrazný nárůst rizika hospitalizací (obrázek 12 vlevo). V případě cévních nemocí mozku byl dokonce zaznamenán pokles rizika hospitalizací s nárůstem teploty vzduchu (obrázek 8 vpravo). V Kalifornii byl při horké vlně v roce 2006 zjištěn statisticky významný ($p = 0,05$) nárůst návštěv pohotovostí (včetně CVD), zatímco nárůst hospitalizací na CVD byl menší a nedosahoval statistické významnosti (Knowlton et al., 2009). Statistické významnosti nárůstu hospitalizací na CVD dosáhla pouze skupina obyvatel latinskoamerického etnika (stejně tak nárůst návštěv pohotovostí byl významnější u této skupiny), což by naznačovalo výskyt akutnějších stavů s nutností hospitalizace u chudšího obyvatelstva, které například častěji vykonává manuální práce v exteriéru (Knowlton et al., 2009). Statisticky významnou spojitost mezi nárůstem indexu horka (heat index) o 1 °C a hospitalizacemi na CVD u celkové populace nenalezli ani Michelozzi et al. (2009) ve 12 evropských městech, přičemž ve většině měst docházelo s nárůstem indexu horka k (nevýznamnému) poklesu počtu hospitalizací na CVD. Stejně tak v Kalifornii (Green et al., 2010) byl zjištěn pokles hospitalizací na CVD s nárůstem indexu horka o 10 °F (5,6 °C). Nevýznamný nárůst hospitalizací na CVD při horkých vlnách na rozdíl od výrazného nárůstu úmrtnosti byl zjištěn i v dalších pracích (Green et al., 2010; Knowlton et al., 2009; Linares a Díaz, 2007; Mastrangelo et al., 2007; Kovats et al., 2004; Semenza et al., 1999; tabulka 6). Možné příčiny těchto rozdílů jsou diskutovány v části 9.2.

4.2 Nízké teploty vzduchu

Některé studie zkoumaly také možnou souvislost hospitalizací na CVD s nízkými zimními teplotami. Nárůst hospitalizací na cévní nemoci mozku s poklesem teploty vzduchu zjistili v Londýně již zmiňovaní Kovats et al. (2004; obrázek 12). V 15 městech v Anglii a Walesu byl také zjištěn nárůst rizika infarktu myokardu při poklesu teploty vzduchu (stejně jako v předchozí práci po odstranění vlivu sezónnosti a chřipkových epidemií), ovšem pouze v případech většího zpoždění než 0–1 den po inkriminovaném dni (Bhaskaran et al., 2010). Nadprůměrný počet hospitalizací na infarkt myokardu byl zjištěn při působení tepelného diskomfortu jak při horkých dnech v létě, tak chladných dnech v zimě v Itálii (Morabito et al. 2005). Souvislost nízkých teplot v zimě a vysokých teplot v létě s nárůstem počtu hospitalizací na ischemické choroby srdeční byla sledována v kanadské provincii Québec (Bayentin et al., 2010). Možný vliv nízkých (resp. mírných) teplot vzduchu na nárůst případů mozkového infarktu (resp. intracerebrálního krvácení) oproti teplým dnům (viz tabulka 6) zjistili také Feigin et al. (2000) na Sibiři.

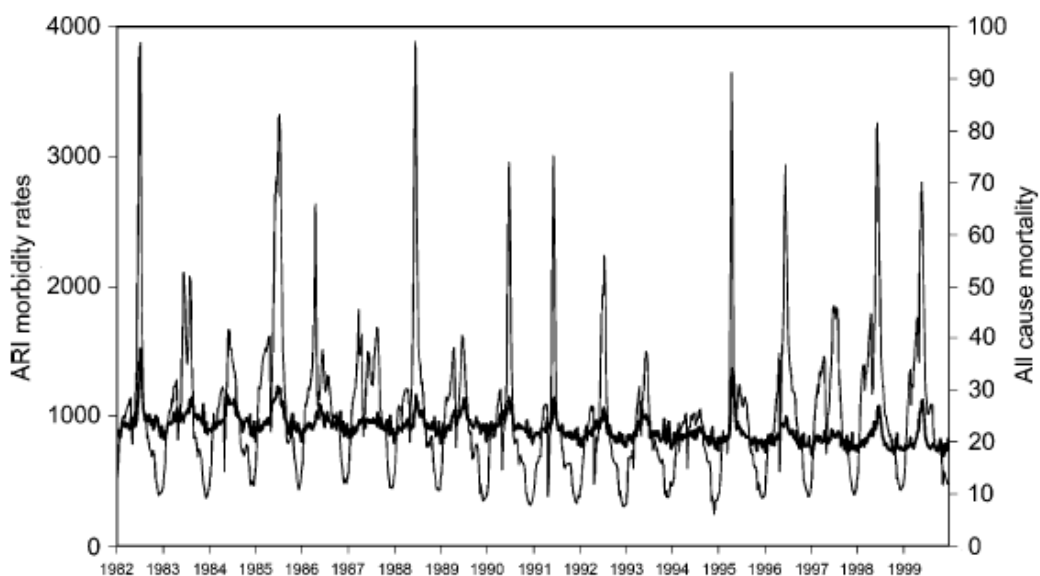
U studií zkoumajících zimní nemocnost a úmrtnost na CVD (např. Schwartz et al., 2004; Morabito et al., 2005; Feigin et al., 2000; Ma et al., 2011) se ale často objevuje problém, že nepočítají s dalším výrazným faktorem, který výrazně oslabuje imunitu a zvyšuje nemocnost a úmrtnost obyvatelstva v chladné části roku – chřipkovými epidemiemi (Kynčl et al., 2005). Oslabená imunita vinou chřipky a jiných akutních respiračních infekcí může být jedním z důvodů prokázaného nejvyššího počtu hospitalizací na CVD v zimě. Sezónní chod hospitalizací s maximem v zimě zmiňují u případů akutního infarktu myokardu například studie z Koreje (Lee et al., 2010), Austrálie (Loughnan et al., 2008), Itálie (Abrignani et al., 2009), nebo z Japonska (Turin et al., 2011), respektive u cévních nemocí mozku studie z Portugalska (Azevedo et al., 1995) nebo z Austrálie (Wang et al., 2003). Možnost zvýšené zimní nemocnosti na CVD oproti teplým obdobím zjistili také Rudge a Gilchrist (2005) v Londýně. Ti mimo jiné zjistili statistickou souvislost mezi celkovou nadměrnou nemocností seniorů v zimě a nedostatkem paliva na vytápění domácností, což podporuje možnost nezanedbatelného vlivu pokojové teploty na tepelný dis/komfort jedince.

Z výše uvedeného je patrné, že porovnávání výsledků nadměrných hospitalizací při extrémních teplotních atmosférických podmínkách s dostupnou literaturou je, zejména v případě chladového stresu, celkem problematické, protože mnoho studií se zabývá spíše sezónním chodem hospitalizací na CVD s prokázaným maximem v zimním období. Navíc většina zmiňovaných prací nezohledňuje vliv chřipkových epidemií, které se nejspíše výrazným způsobem podílejí na zmíněném sezónním chodu. Minimum studií navíc zkoumá opravdu krajní teplotní stavy v zimě – např. studené vlny (cold spells) – a nadměrnou míru hospitalizací nad „běžné hodnoty“ po zohlednění těchto faktorů.

O něco jednodušší je situace při hodnocení spojitosti hospitalizací na CVD s horkými vlnami. Vzhledem k předpovídanému nárůstu četnosti extrémně horkých období (McMichael et al., 2006) je tato problematika více sledována. V několika studiích byl nalezen výrazný rozdíl mezi statisticky významným nárůstem nadměrné úmrtnosti (na CVD) a nevýznamným nárůstem hospitalizací na CVD při horkých vlnách, způsobený zřejmě charakterem fyziologických pochodů v oběhové soustavě (části 9.2 a 9.3).

5 Chřipkové epidemie a úmrtnost na CVD

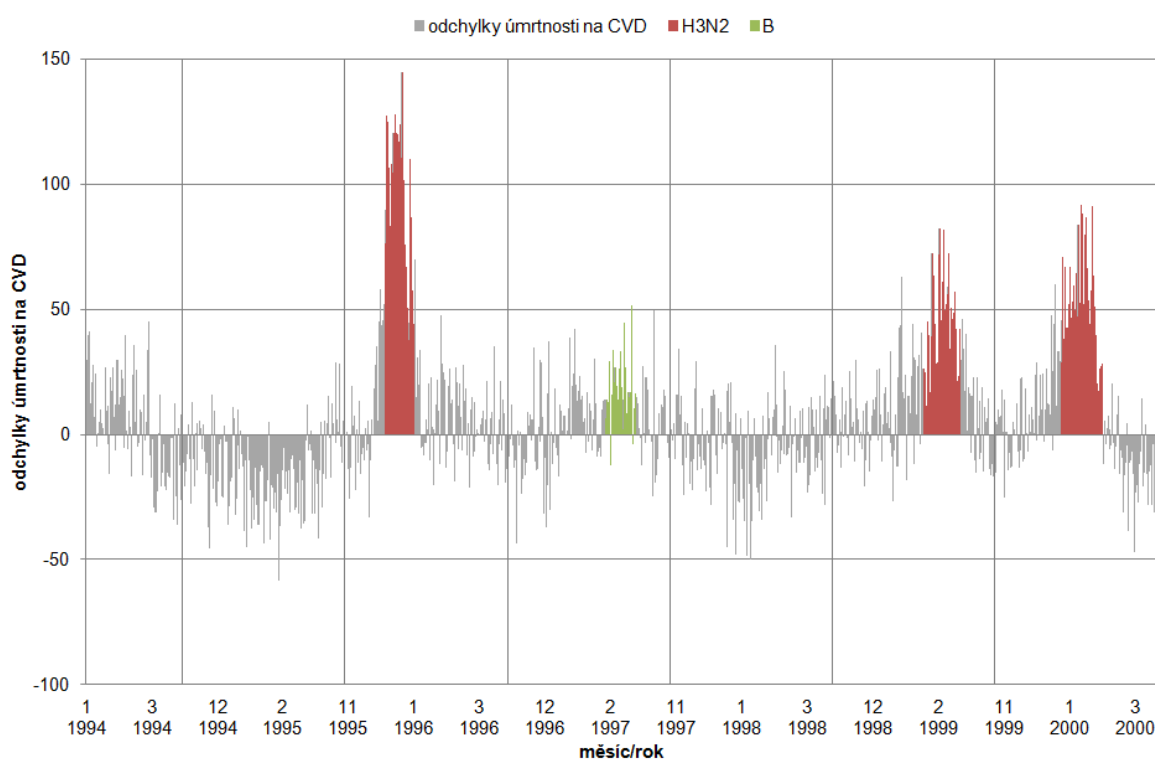
Jak bylo již výše poznamenáno, prokazatelný vliv na nemocnost a úmrtnost v zimě mají chřipková a jiná infekční onemocnění horních cest dýchacích (chřipkové epidemie; Cheng a Su, 2010; Kynčl et al., 2005). Kynčl et al. (2005) odhadují, že v letech 1982–2000 měly chřipkové epidemie na svědomí v průměru 2,6 % případů úmrtí na CVD. Navíc předpokládaný nárůst průměrné zimní teploty vzduchu v severní a střední Evropě může přispět k nárůstu četnosti a závažnosti chřipkových epidemií, pro které jsou právě mírnější zimy příhodné pro šíření (Piotrowicz, 2009). Testy prokázaly, že očkování proti chřipce může pomoci snížit výskyt náhlých srdečních úmrtí, akutního infarktu myokardu a mozkového infarktu až o 50 % (Cheng a Su, 2010). Pro lepší průkaznost vlivu teploty vzduchu na kardiovaskulární onemocnění je nutné vliv chřipkových epidemií z analýz odstranit (Kyselý et al., 2009, více viz kapitola 7).



Obr. 13: *Nemocnost na akutní respirační infekce (ARI, tenká čára) a celková úmrtnost v ČR (tlustá čára, vpravo) na 100 000 obyvatel v letech 1982–2000 (převzato z Kynčl et al., 2005).*

Míra zvýšení úmrtnosti na CVD při chřipkových epidemiích (ARI na obrázku 13) závisí na dominantním typu chřipkového viru (Kynčl et al., 2005). Nejvyšší úmrtnost na CVD byla zaznamenána u epidemií s dominantním chřipkovým virem typu A/H3N2 (Kynčl et al., 2005, Rizzo et al., 2007). Zřejmě nejvážnější dopad v námi sledovaném období (1994–2007) jak na celkovou úmrtnost, tak na úmrtnost na CVD, měla chřipková epidemie v sezóně 1995/1996 (obr. 7) s chřipkovým virem typu A/H3N2. Tehdy v ČR podle odhadu Kynčla et al. (2005) dosáhla nadměrná úmrtnost přes šest tisíc případů a úmrtnost na CVD

představovala přibližně tři čtvrtiny tohoto počtu. V populaci může docházet ke změnám v imunitní odpovědi na virus chřipky (Kynčl, 20. 5. 2011 – sdělení prostřednictvím e-mailu). Při výskytu stejného chřipkového viru několik roků po sobě je vliv na úmrtnost v dalších letech nižší (v zimě 1997/1998 při výskytu stejného viru jako 1995/1996 bylo zaznamenáno „pouhých“ 352 úmrtí nad očekávanou hodnotu; Kynčl et al., 2005). Mírnější průběh obvykle vykazují epidemie s dominantním virem typu B (viz také obr. 14). U typu A/H1N1 nebyl pozorován nijak významný vliv na nadměrnou úmrtnost na CVD (a proto tato období nebyla z analýz vyjmuta, viz kapitola 7). K nárůstu úmrtnosti na CVD dochází přibližně se sedmidenním zpožděním od začátku chřipkové epidemie (Kynčl et al., 2005; Kyselý et al., 2009).



Obr. 14: Absolutní odchylky úmrtnosti na CVD při výskytu chřipkových epidemií v ČR v letech 1994–2000. Kódy H3N2 a B představují dominantní vir chřipky v dané epidemii (vytvořeno za použití dat od ÚZIS).

6 Vliv znečištění ovzduší na úmrtnost a hospitalizace na CVD

Kromě teploty vzduchu může mít na nadměrné hospitalizace na CVD při horkých/studených epizodách negativní vliv také znečištění ovzduší. Významná spojitost mezi nárůstem hospitalizací na CVD a nárůstem koncentrace škodlivin byla zjištěna např. pro: $PM_{2,5}$ (USA; Bell et al., 2008), PM_{10} resp. černý kouř (8 měst v Evropě; Le Tertre, 2002), CO, NO_2 a $PM_{2,5}$ (Austrálie a Nový Zéland; Barnett et al., 2006). Maitre et al. (2006) našli možnou souvislost mezi oběhovými nemocemi a škodlivými látkami v ovzduší (PM_{10} , O_3 , NO_x , CO a CO_2) ve více než 40 studiích.

Na druhou stranu některé studie porovnávající významnost vlivu znečištění a teploty vzduchu na nadměrnou úmrtnost a nadměrné hospitalizace (na CVD) ukázaly nevýznamnou (Keatinge a Donaldson, 2001) nebo významnou, ale oproti teplotě vzduchu menší a geograficky více proměnlivou spojitost znečištění ovzduší s úmrtností nebo hospitalizacemi (Filleul et al., 2006; Vandentorren a Empereur-Bissonnet, 2005; Koken et al., 2003). Již zmiňovaná práce Vaněčková et al. (2011) ukázala minimální rozdíly mezi rizikem úmrtí při horkých vlnách pro data ošetřená o vliv aktuální koncentrace znečištění (PM_{10} a O_3). Například ve Francii byly při horké vlně v roce 2003 zkoumány rozdíly mezi jednotlivými francouzskými městy v podílu vlivu vysoké teploty vzduchu a nadlimitní koncentrace přízemního ozonu na nadměrnou úmrtnost (Vandentorren a Empereur-Bissonnet, 2005; Filleul et al., 2006). V Paříži a Lyonu, kde byly zjištěny celkově vysoké hodnoty nadměrné úmrtnosti, byl podíl přízemního ozonu mnohem menší (7 resp. 3 %) než například v Toulouse (82 %), kde byla naopak nízká celková nadměrná úmrtnost.

Navíc byla například v Aténách (Katsouyanni et al., 1996) zjištěna statisticky významná spojitost mezi zvýšenou koncentrací znečištění a vysokými teplotami vzduchu. Pozitivní korelaci mezi maximální teplotou vzduchu a koncentrací přízemního ozonu dokládají také studie z Detroitu (Pearsonův kor. koef. = 0,7; Schwartz a Morris, 1995), Tokya (0,3; Ye et al., 2001) nebo Denveru (0,4; Koken et al., 2003). U ostatních škodlivin není korelace s maximální teplotou vzduchu tak silná, nicméně výše uvedená čísla naznačují, že teplota vzduchu a obecně meteorologické podmínky mohou mít vliv na koncentraci škodlivin v atmosféře a tím pádem mohou tyto dva faktory spolupůsobit (Basu a Samet, 2002).

U znečištění ovzduší také hraje důležitou roli dlouhodobé vystavení nadlimitním koncentracím škodlivých látek v ovzduší, které může značně ovlivnit zdravotní stav jedince i z hlediska CVD a výrazně přispět k jeho zhoršení při extrémní teplotní události, případně při extrémním navýšení škodlivin v ovzduší, a být tak spolupříčinou jeho hospitalizace, případně

úmrtí (Brook et al., 2004; Kovats, 2008). Možné souvislosti jednotlivých znečišťujících látek s fyziologickými mechanismy způsobujícími kardiovaskulární problémy jsou stále předmětem výzkumu (Maitre et al., 2006). Prachové částice $PM_{2,5}$ se mohou dostat do plicních sklípků, kde dochází k jejich ukládání. Částice menší než $0,1\ \mu m$, vznikající zejména v naftových motorech, mohou pronikat přímo do krevního oběhu a cév (Nemmar et al., 2002). V plicích mohou pevné prachové částice přispět ke vzniku zánětlivých reakcí a jejich organické a kovové části mohou negativně ovlivňovat procesy okysličování krve (Donaldson et al., 2001). Někteří pacienti žijící ve znečištěném prostředí vykazovali zvýšené hladiny fibrinogenu a krevních destiček, změnu viskozity krve a změnu vlastností červených krvinek (Donaldson et al., 2001). Znečištění prachovými částicemi může mít spojitost se sníženou variabilitou srdeční frekvence, zvýšenou tepovou frekvencí a se zvýšeným výskytem srdeční arytmie (Maitre et al., 2006). NO_x a O_3 jsou silné oxidační látky, které mohou také vyvolat záněty v plicích a systémové reakce jako zvýšenou krevní srážlivost, zvýšení hladiny fibrinogenu a krevních destiček (Maitre et al. 2006). CO se velmi silně váže na hemoglobin a snižuje jeho schopnost přenášet kyslík a dodávat jej do periferních tkání (Maitre et al., 2006). CO ve výše zmiňovaných studiích z Denveru, Detroitu i Tokya vykazoval nejmenší korelaci s maximální teplotou vzduchu a zároveň vykazoval celkem silnou spojitost zejména s nárůstem hospitalizací na celkové srdeční selhání (Denver – Koken et al., 2003).

7 Metody, data a postup práce

7.1 Použité datové soubory

7.1.1 *Data o hospitalizacích a úmrtnosti na CVD*

Denní data úmrtnosti a hospitalizací na CVD (kódy I00–I99 podle Mezinárodní klasifikace nemocí, 10. revize (MKN-10, www.uzis.cz/cz/mkn/index.html); viz tabulka 7) od Ústavu zdravotnických informací a statistiky (ÚZIS) a Českého statistického úřadu (ČSÚ) pokrývají časové období 1994–2009. Data obsahují záznamy o základní příčině úmrtí/hospitalizace pacienta, věku, pohlaví a trvalém bydlišti pacienta. Data byla členkou výzkumného týmu H. Davidkovou rozdělena podle místa trvalého bydliště do dvou sledovaných regionů (kapitola 7.2.1), podle pohlaví, do dvou věkových skupin (0–64 a 65+ let) a dále podle diagnóz. Statistické instituce včetně EUROSTATu a Českého statistického úřadu (ČSÚ) používají 65 let jako hranici poproduktivního věku, která je také hranicí odchodu do důchodu v mnoha evropských zemích. V ČR je hranice odchodu do důchodu zatím nižší, většina obyvatel ve věkovém rozmezí 60–64 však nepobírá starobní důchod, případně při pobírání důchodu stále chodí do zaměstnání (např. na částečný úvazek; ČSÚ, 2012a). Po dosažení 65 let výrazně klesá počet ekonomicky aktivních obyvatel. Odchodem ekonomicky aktivního jedince do důchodu se výrazně mění jeho způsob života a dotyčný může například více ovlivnit, zda potřebuje vycházet ven při nepříznivých povětrnostních podmínkách (White, 2003). Na jednu stranu může mít nevystavování se extrémním teplotám pozitivní efekt, na druhou stranu je ale snížená pohybová aktivita u důchodců (třeba i omezení chůze) často zmiňovaným rizikovým faktorem rozvoje CVD (Riedl, 1971; White, 2003; Pell a Cobbe, 1999). Snížená fyzická aktivita a častější výskyt chronických nemocí u staršího obyvatelstva mohou ovlivnit jejich citlivost na teplotní změny kvůli zhoršené schopnosti termoregulace (Kenney a Munce, 2003). Hranice 65 let je používána také v mnoha zahraničních pracích (např.: Kovats et al., 2004; Huynen et al., 2001; Stafoggia et al., 2008; Michelozzi et al., 2009).

CVD jsou v ČR příčinou více než poloviny všech úmrtí (ČSÚ, 2012b). V rámci samotných CVD zaujímají největší podíl zemřelých dvě skupiny: ischemické nemoci srdeční (IHD, 43,0 % zemřelých na CVD) a cerebrovaskulární nemoci (CD, 27,8 %). Z dalších jednotlivých diagnóz vykazují v ČR největší počty úmrtí infarkt myokardu (MI, 17,0 %), chronická ischemická choroba srdeční (CIHD, 25,3 %) a ateroskleróza (16,7 %). Detailní statistiky pro sledované regiony a jednotlivé diagnózy jsou uvedeny v tabulce 8. V případě zánětu žil (I80)

jsou v práci prezentovány výsledky pouze pro hospitalizace z důvodu velmi malého počtu úmrtí na tuto diagnózu.

Tabulka 7: Přehled studovaných diagnóz nemocí oběhové soustavy podle MKN-10.

MKN–10 kód	zkratka	diagnóza
I00–I99	CVD	nemoci oběhové soustavy (kardiovaskulární nemoci)
I20–I25	IHD	ischemické nemoci srdeční
I60–I69	CD	cévní nemoci mozku (cerebrovaskulární nemoci)
I21–I22	MI	infarkt myokardu
I25	CIHD	chronická ischemická choroba srdeční
I70	ASVD	ateroskleróza
I80	P&TP	zánět žil – flebitida a tromboflebitida (pouze nemocnost)

Tabulka 8: Počet hospitalizovaných a zemřelých na CVD v jednotlivých studovaných regionech (data: ÚZIS)

	Praha				jižní Čechy			
	hospitalizovaných		zemřelých		hospitalizovaných		zemřelých	
CVD	598 134	%	110 708	%	576 484	%	100 838	%
IHD	211 933	35,4 %	44 624	40,3 %	168 976	29,3 %	47 033	46,6 %
CD	110 705	18,5 %	28 045	25,3 %	97 207	16,9 %	28 056	27,8 %
MI	33 981	5,7 %	15 205	13,7 %	39 720	6,9 %	19 582	19,4 %
CIHD	147 171	24,6 %	28 956	26,2 %	80 110	13,9 %	26 974	26,7 %
ateroskleróza	59 455	9,9 %	23 410	21,1 %	42 860	7,4 %	13 137	13,0 %
zánět žil	16 769	2,8 %			22 706	3,9 %		

7.1.2 Standardizace epidemiologických dat

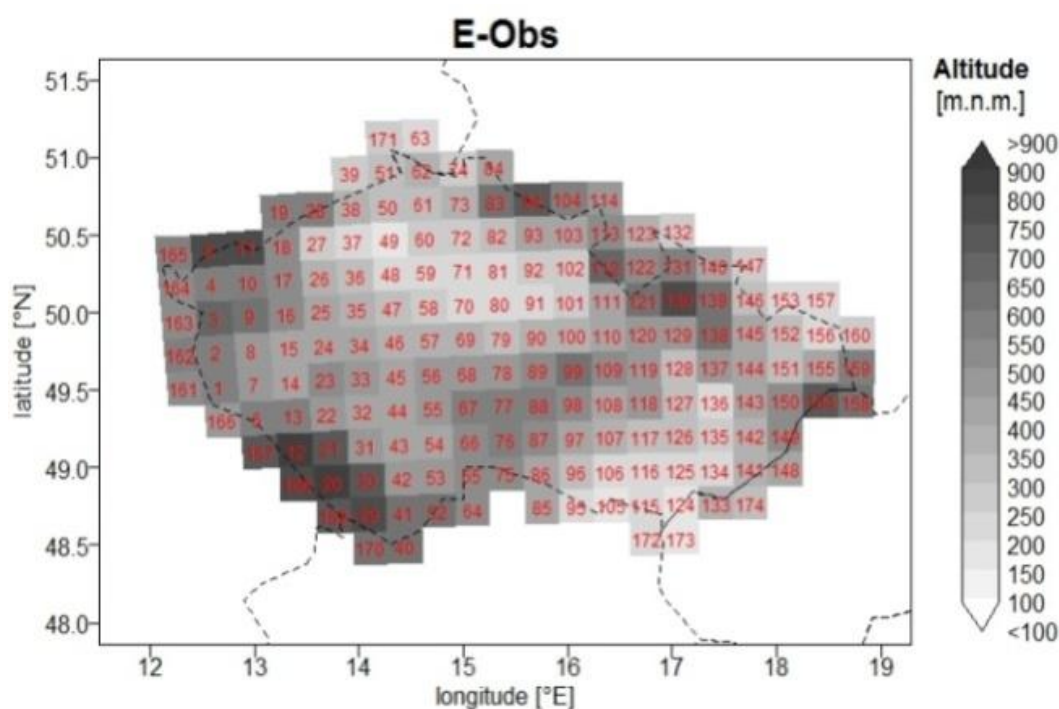
Pro sledování změn v úmrtnosti/nemocnosti za delší časové období je nutné data standardizovat. Proto byla data již před začátkem samotné práce standardizována a pro každý den byly stanoveny *nadměrná úmrtnost/nemocnost na CVD*, jako rozdíl mezi očekávanou a skutečnou hodnotou počtu zemřelých/hospitalizovaných pacientů (dále v této části „počet případů“). Očekávaný počet případů $M_o(y, d)$ pro každý den d ($d = 1, \dots, 365$) v roce y ($y = 1994, \dots, 2009$) byl stanoven podle vztahu

$$M_o(y, d) = M_o(d) \cdot W(y, d) \cdot Y(y),$$

kde $M_o(d)$ vyjadřuje průměrný roční chod (průměr za 1994–2009) denních počtů případů ve dni d . Před výpočtem denních průměrů byla vyňata období chřipkových epidemií (s uvažováním zjištěného 7denního zpoždění; Kyselý et al., 2009). V případě úmrtnosti byl roční cyklus $M_o(d)$ shlazen 15denním klouzavým průměrem. $W(y, d)$ je opravný faktor pro pozorovaný týdenní cyklus případů (nejvíce v pondělí, nejméně o víkendu; např. Lee et al., 2010) počítaný jednotlivě pro každý den v týdnu a definovaný jako podíl průměrného počtu případů v den d a průměrného počtu případů celkově. $Y(y)$ je opravný faktor meziročních změn definovaný jako poměr počtu případů v roce y k průměrnému ročnímu počtu případů v průběhu sledovaného období. Opravné faktory $W(y, d)$ a $Y(y)$ byly vypočteny za období duben–listopad, kdy jsou vlivy chřipkových epidemií zanedbatelné. U hospitalizací byly hodnoty $W(y, d)$ všech pevných státních svátků (kromě 28. 9. a 17. 11.; svátky v platnosti od r. 2000), kdy je obecně počet hospitalizací nižší, nahrazeny hodnotou 1 (nižší hodnoty jsou zaznamenány již v ročním chodu); pro 28. 9. a 17. 11. od r. 2000 byly hodnoty $W(y, d)$ pro daný den změněny na hodnotu pro neděli, stejně jako u Velikonočních pondělí; a obdobně hodnoty pro úterý po Velikonočním pondělí byly změněny na pondělí. Velmi odlehlé hodnoty (tzv. *outliery*) způsobené chybami v databázi (ve všech případech šlo o krajní dny čtvrtletí; podle konzultací se zástupci zdravotních pojišťoven tyto chyby souvisí se změnami způsobu vykazování pacientů nebo způsobu úhrad ze zdravotních pojišťoven) byly před standardizací z databáze odstraněny. V Praze (vybrané regiony viz část 7.4) se jednalo o dny 1. 1. 1994, 1. 10. 1995, 1. 7. 1997 a 1. 4. 1998. U JČ bylo odstraněno datum 1. 7. 2001. Tyto dny, stejně jako dny ovlivněné chřipkovou epidemií, byly vyňaty z analýz. Hodnoty z 29. února přestupných roků byly počítány jako pro další 1. březen téhož roku. Popsaná standardizace byla provedena zvlášť pro data pro obě věkové skupiny a obě pohlaví. Podobný postup byl použit např. v práci Kyselý et al. (2009).

7.1.3 Meteorologická data

Tato práce (jako většina citovaných prací) používá průměrnou teplotu vzduchu jako nejjednodušší a nejsnáze interpretovatelnou proměnnou reprezentující vliv okolního prostředí na populaci z hlediska tepelného stresu (viz kapitola 1.4). To umožňuje stanovit stejné kritérium pro definování teplých a chladných epizod a využití interpolovaných hodnot teploty vzduchu pro regionální porovnání. Data v podobném rozlišení a časové obsáhlosti pro jiné veličiny potřebné pro počítání biometeorologických indexů nebo pro analyzování vlivu znečištění nejsou dostupná. K dispozici jsem měl za sledované období průměrné denní teploty vzduchu interpolované z husté staniční sítě Českého hydrometeorologického ústavu (ČHMÚ) do sítě uzlových bodů postupem popsaným v práci Kyselý a Plavcová (2010, obr. 15).



Obr. 15: Síť uzlových bodů s interpolovanými teplotními daty (ČHMÚ).

7.2 Postup práce autora

7.2.1 Sledované regiony

Cílem práce je srovnání výsledků pro Prahu, jako silně urbanizovanou oblast, a populačně srovnatelnou oblast venkovského charakteru, kterou bylo třeba definovat. Pro vymezení hranice mezi městem a venkovem je mnoho způsobů a definicí. Vymezení venkovských oblastí v ČR na základě mnoha z nich provedla

ve své diplomové práci Blatecká (2006). Pro naše účely by bylo patrně nepřínosnější vymezit města a venkov na základě socioekonomických charakteristik, z nichž hlavně ty sociologické jsou velmi těžko měřitelné a neexistují pro ně relevantní data. Pro mezinárodní srovnání je proto podle autorky nejlepší definice používaná Organizací pro ekonomický rozvoj a spolupráci (OECD, resp. Eurostatem) na základě hustoty zalidnění a podílu populace ve venkovských obcích. Podle hranice používané OECD definující jako *venkovské* ty regiony, v nichž žije více než 37,5 % obyvatel v obcích s hustotou zalidnění pod 150 obyvatel (100 obyvatel v případě Eurostatu) na 1 km², patří mezi *venkovské* kraje Jihočeský kraj a kraj Vysočina (obrázek 16). I na základě dalších charakteristik zkoumaných autorkou (podíl obcí s počtem obyvatel nad 10 000 – nejmenší, podíl obcí s počtem obyvatel pod 500 obyvatel – největší, zastoupení venkovských okresů v kraji – nadprůměrné) lze tyto dva kraje definovat jako *venkovské*. Stejně tak další studie (Vobecká, 2009) hodnotící zastoupení venkova v krajích na základě *dojížděkové klasifikace obcí* (viz obrázek 17) podporuje rozhodnutí zvolit jako druhý zkoumaný region dva sousední kraje – Jihočeský a Vysočinu, ve kterých dohromady žije srovnatelný počet obyvatel jako v Praze (tabulka 9), ale pouze 36 % jich žije ve městech nad 10 000 obyvatel (ČSÚ, 2012b). Na druhou stranu, i přes rozdíly v míře urbanizace se věková struktura obou regionů výrazně neliší (tabulka 9). Pro lepší přehlednost textu je region Jihočeského kraje s Vysočinou v textu dále označován jako jižní Čechy (JČ).

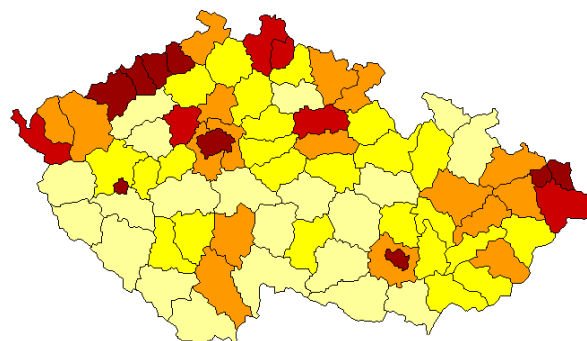
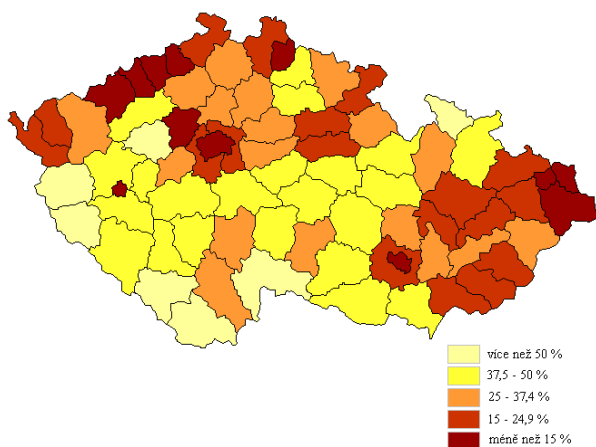
Tabulka 9: Základní údaje o struktuře obyvatelstva.

Skupina	Hlavní město Praha	Jihočeský kraj	Vysočina	Jihočeský kraj a Vysočina
	Stav k 31. 12. 2009			
Celkem	1 249 026	637 643	514 992	1 152 635
muži	608 316	314 543	255 492	570 035
ženy	640 710	323 100	259 500	582 600
0–14 let	155 238	91 668	74 566	166 234
15–64 let	892 744	449 281	360 299	809 580
65 a více let	201 044	96 694	80 127	176 821
Průměrný věk	41,6	40,7	40,5	40,6

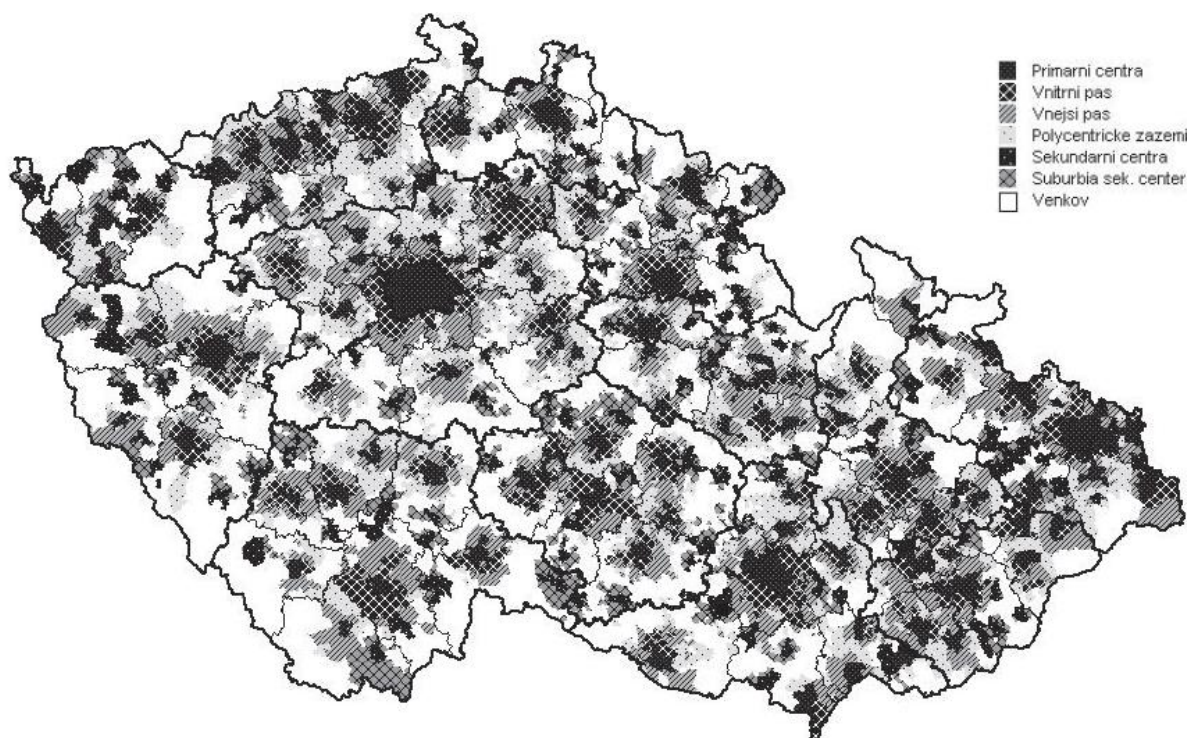
Data: ČSÚ (2012b)

Podíl obyvatel žijících v obcích s hustotou do 100 obyvatel na 1 km²

Podíl obyvatel žijících v obcích s hustotou do 150 obyvatel na 1 km²



Obr. 16: Vymezení venkovských regionů (okresů) podle metodiky Eurostatu (vlevo) resp. OECD (převzato z: Blatecká, 2006).

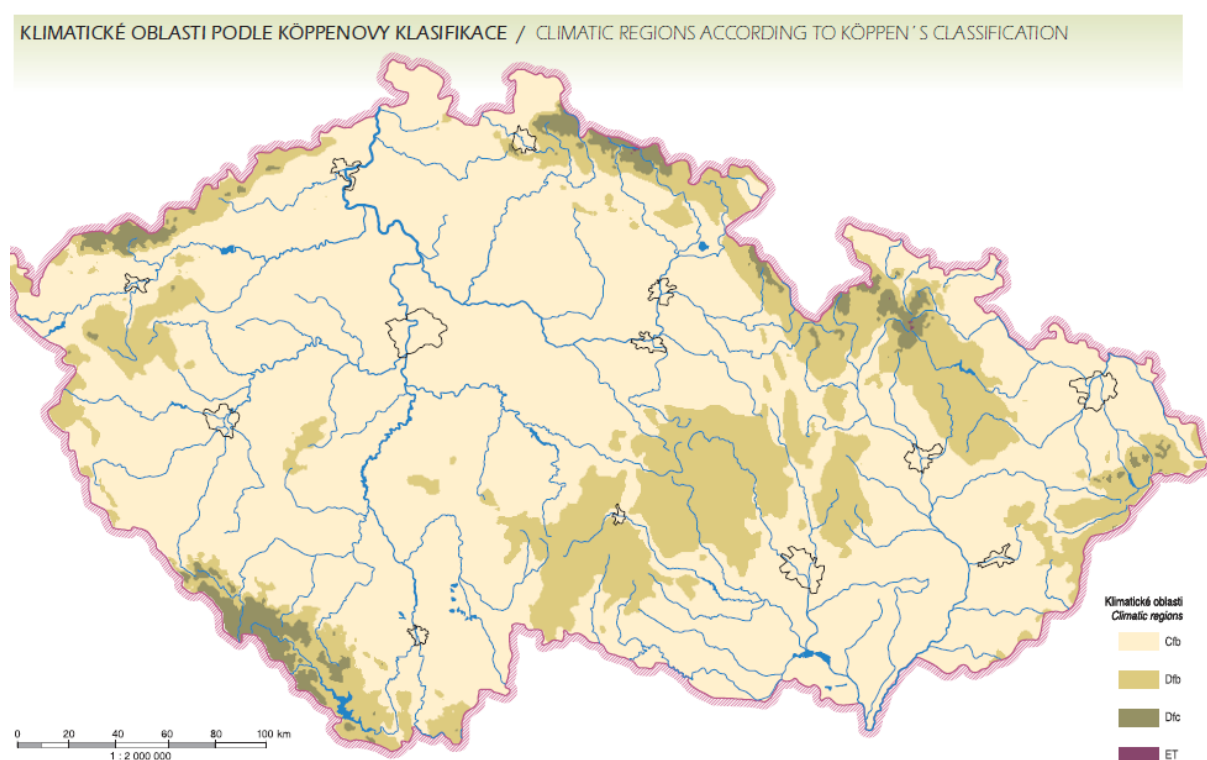


Obr. 17: Vizualizace dojížděkové klasifikace obcí (převzato z: Vobecká, 2009).

7.2.2 Klimatická charakteristika regionů

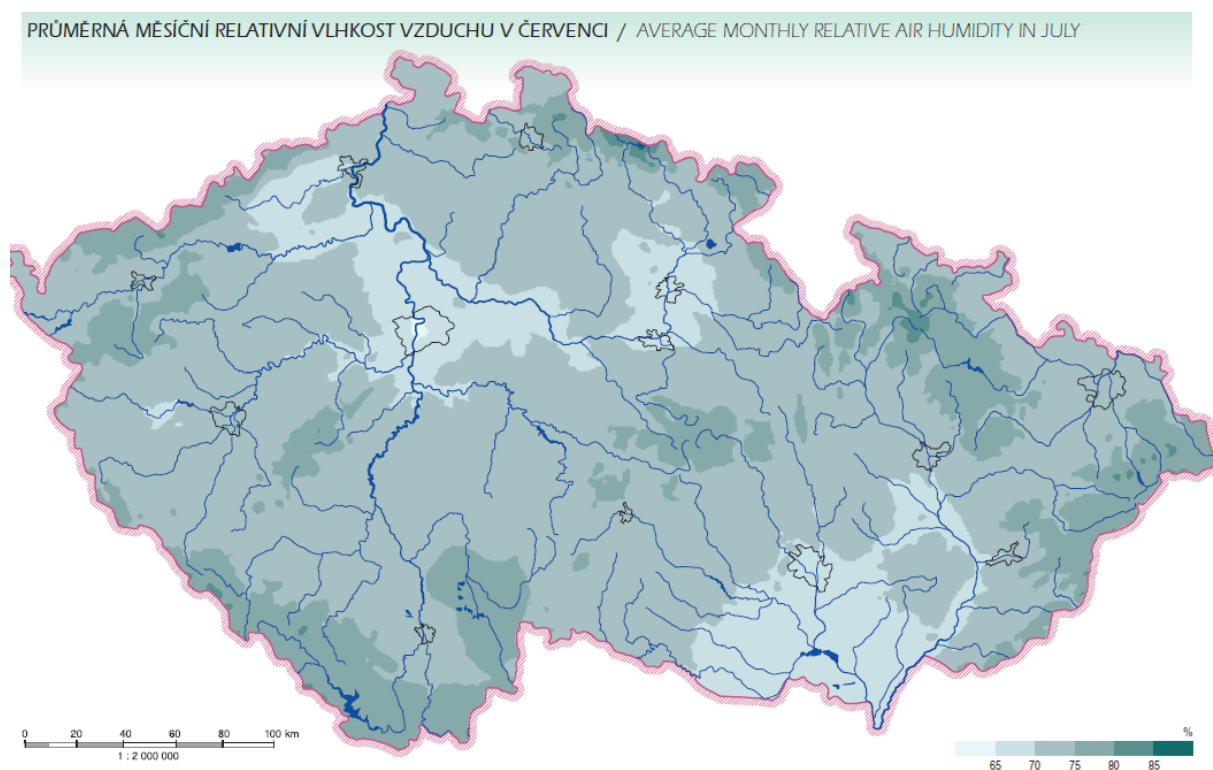
Z hlediska klimatických podmínek si srovnávané regiony nejsou zdaleka tak podobné jako v případě demografických ukazatelů (tabulka 9). Teplotní rozdíl mezi oběma regiony je v průměru asi 2 °C (tabulka 10). V Praze dosahuje průměrná roční teplota vzduchu 10 °C, což z ní dělá nejteplejší region ČR. Průměrná roční teplota v JČ činí podle interpolovaných dat 8,1 °C. Stejně tak průměrná letní/zimní teplota vzduchu je v Praze (18,8 °C/0,6 °C) přibližně o 2 °C vyšší než v JČ (16,8 °C/−1,3 °C). Rozdíl v teplotách vzduchu je dán hlavně rozdílnou

průměrnou nadmořskou výškou obou regionů (270 m n. m. Praha vs. 580 m n. m. JČ). Teplotně se s Prahou mohou srovnávat pouze nejnižší partie Jihočeského kraje (Českobudějovická, případně Třeboňská pánev), naopak výrazně chladnější je zejména velká část Vysočiny a podhůří Šumavy (chladnější horské partie Šumavy z velké části překrývají řídce obydlená území NP Šumava a přilehlé CHKO). Podle Köppenovy klasifikace klimatu patří Praha a nížinná část jihočeského kraje do klimatické oblasti Cfb s podnebím listnatých lesů mírného pásma charakteristickým teplotou nejchladnějšího měsíce nad -3°C , zatímco velká část Vysočiny a podhůří Šumavy leží v oblasti vlhčího boreálního typu Dfb s teplotou nejchladnějšího měsíce pod -3°C (obr. 18; Atlas podnebí Česka, 2007). V obou případech je teplota nejteplejšího měsíce nižší než 22°C a alespoň čtyři měsíce mají průměrnou teplotu vzduchu vyšší než 10°C . Podle Quittovy klasifikace klimatu patří Praha do teplé oblasti, zatímco jižní Čechy do mírně teplé oblasti (Atlas podnebí Česka, 2007).



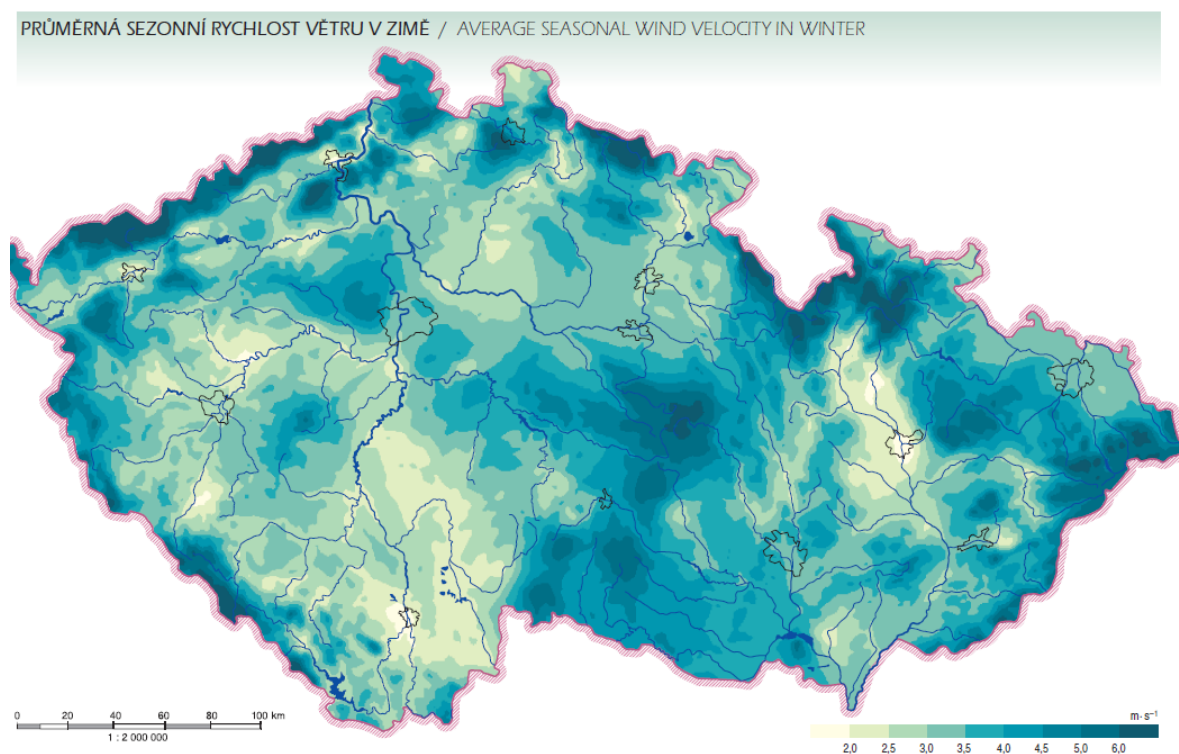
Obr. 18: Klimatické oblasti ČR podle Köppenovy klasifikace klimatu (převzato z: Atlas podnebí Česka, 2007).

Jak bylo zmíněno již v části 1.4, na tepelnou pohodu mají kromě samotné teploty vzduchu vliv i další proměnné. Mezi ty nejvýznamnější patří v letních měsících vlhkost vzduchu a v zimě zejména rychlost proudění vzduchu. Průměrná relativní vlhkost dosahuje v červenci v Praze 60–70 % a v JČ 70–80 % (obr. 19). Přesto je v Praze dusných dnů (den, kdy tlak vodní páry dosáhne alespoň 18,5 hPa, což odpovídá vlhkosti 65 % při 25 °C nebo 45 % při 30 °C; Atlas podnebí Česka, 2007) v průměru o 5–10 více než v JČ.



Obr. 19: Průměrná relativní vlhkost v červenci v ČR (stupnice <65 až >85 %; převzato z: Atlas podnebí Česka, 2007)

Průměrná zimní rychlost proudění dosahuje na Vysočině vyšších hodnot než v Praze, což může v případě chladných dnů umocňovat chladový stres. Na druhou stranu v Jihočeském kraji jsou průměrné zimní rychlosti větru srovnatelné, nebo dokonce nižší než v Praze (obr. 20). Přesto jsou obyvatelé Prahy (zejména v jejím centru mezi vysokými budovami) lépe chráněni před studeným větrem než obyvatelé v otevřené krajině jižních Čech.



Obr. 20: Průměrná rychlost větru v zimě v ČR (stupnice: $<1,5$ až $>7 \text{ m.s}^{-1}$; převzato z: *Atlas podnebí Česka*, 2007).

7.2.3 Analýza dat

Z interpolovaných hodnot denní průměrné teploty vzduchu jsem pomocí metody Thiessenových polygonů v prostředí ArcGIS vybral uzlové body (obr. 21), které zasahují alespoň 45 % své plochy do studovaných regionů (viz část 7.2.1). Kritérium 45 % bylo zvoleno s ohledem na to, že z pražských bodů žádný nezasahoval větší než poloviční plochou na území Prahy. Následně jsem z uzlových bodů v jednotlivých regionech spočítal denní průměrnou teplotu pro celý region. Z řady denních teplot bylo nutno stejně jako v epidemiologických datech vynechat dny ovlivněné epidemiemi chřipky a dny odpovídající outlierům v datech o hospitalizacích. Zbylá data jsem roztřídil na zimní (prosinec–únor) a letní (červen–srpen) období. Vypočtením 90% kvantilu průměrné denní teploty v létě (pro vymezení nejteplejších letních dnů) a 10% kvantilu v zimě (pro vymezení nejchladnějších zimních dnů) byly vymezeny teplé resp. chladné dny zvlášť pro každý region (tzn. 148 resp. 127 dnů pro každý region zvlášť, viz tabulka 11).

Metoda percentilů byla pro vymezení teplých a chladných dnů použita na základě hypotézy rozdílné fyziologické náchylnosti obyvatel v různých klimatických oblastech na stejnou teplotu vzduchu, kterou podporují výše citované práce (část 3.3). Přestože rozdíl v prahové hodnotě bude v rámci ČR zřejmě mnohem menší než v rámci kontinentů, určité rozdíly se dají očekávat. Metoda percentilů navíc (na rozdíl od stanovení přesné teplotní hranice) dovoluje zkoumat přibližně stejný vzorek případů v obou regionech a v obou teplotních extrémech. Pro vymezení horkých/studených vln použili metodu percentilů například Gabriel (2009; jako jednu ze tří metod), Hajat et al. (2007), Medina-Ramón a Schwartz (2007) nebo Gómez-Acebo et al. (2010) – všichni zkoumající také regionální rozdíly v úmrtnosti.

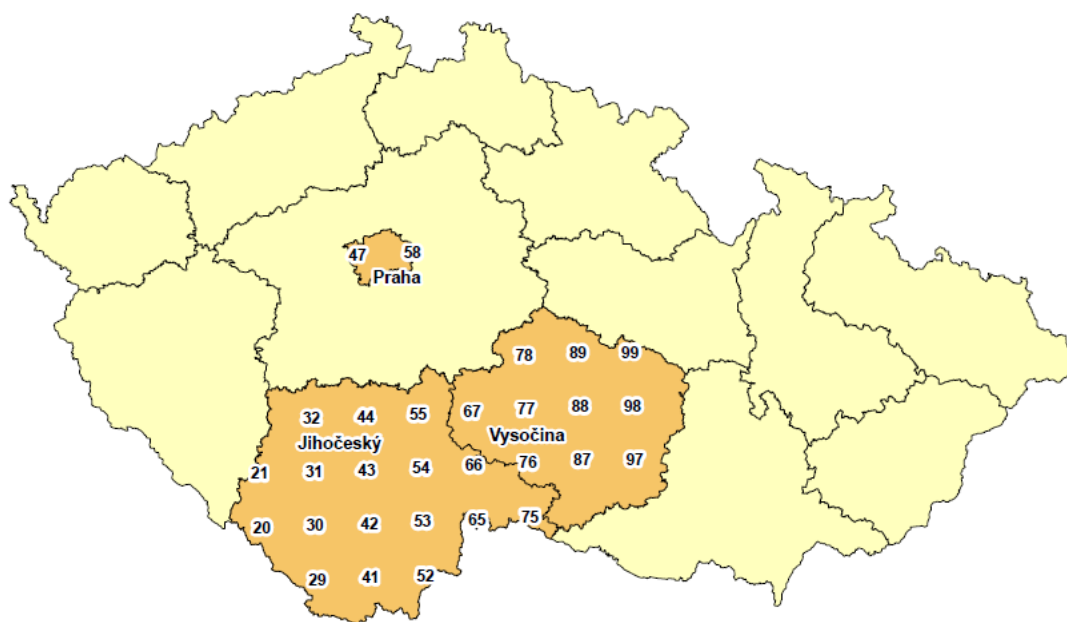
V dřívějších pracích byla prokázána mezi chladným počasím a jeho vlivem na úmrtnost na CVD obvykle delší (zejména u starších věkových skupin) a méně přímá spojitost s větší geografickou proměnlivostí oproti horkým vlnám, u kterých dochází k náhlému nárůstu úmrtnosti a v dalších dnech k jejímu poklesu pod očekávané hodnoty (Cheng a Su, 2010; Kyselý et al., 2009; Braga et al., 2002; Huynen et al., 2001). Jelikož u hospitalizací na CVD by ale bylo velmi obtížné a nejednoznačné tyto zpožděné vazby interpretovat, není v této práci vícedenní zpoždění uvažováno a efekt vysoké a nízké teploty vzduchu na úmrtnost (nemocnost) na CVD byl zjišťován pouze pro den výskytu nízké či vysoké teploty vzduchu a den následující (D_0 a D_{+1}). Hodnoty nadměrné úmrtnosti (nemocnosti) pro každý teplý a chladný den a den následující byly v rámci jednotlivých populačních skupin a regionů sečteny z důvodu většího počtu záznamů a průkaznějších výsledků pro jednotlivé diagnózy. Proto je ve výsledcích a diskuzi označení *teplé* resp. *chladné dny* používáno pro analýzu zahrnující hodnoty úmrtnosti (nemocnosti) s jednodenním zpožděním za dnem s vysokou/nízkou teplotou vzduchu. Průměrné odchylky počtu úmrtí (hospitalizací) pro ($D_0 + D_{+1}$) pro každou populační skupinu a každou diagnózu v každém regionu byly otestovány za využití programu na analytický odhad 90% a 95% intervalu spolehlivosti pro proměnnou s Poissonovým rozdělením (Kyselý et al., 2009). Vzhledem k použité definici pro výběr teplotních extrémů založené na kvantilech rozdělení nejsou výsledky zahrnutím nebo nezahrnutím některých z uzlových bodů na kraji oblasti výrazně ovlivněny.

Tabulka 10: Základní charakteristiky použitých dat pro průměrnou teplotu vzduchu za období 1994–2009 v Praze a JČ po odstranění outlierů a období chřipkových epidemií.

Praha (270 m*)					
rok	[°C]	zima	[°C]	léto	[°C]
průměr	10,0	průměr	0,6	průměr	18,8
minimum	−17,3	minimum	−17,3	minimum	8,6
maximum	29,2	maximum	13,5	maximum	29,2
počet dní	5 627	počet dní	1 270	počet dní	1 471
		10% kvantil	−5,7	90% kvantil	23,4
jižní Čechy (580 m*)					
rok	[°C]	zima	[°C]	léto	[°C]
průměr	8,1	průměr	−1,3	průměr	16,8
minimum	−18,7	minimum	−18,7	minimum	6,1
maximum	26,2	maximum	10,7	maximum	26,2
počet dní	5 630	počet dní	1 271	počet dní	1 471
		10% kvantil	−7,6	90% kvantil	21,2

Data: ČHMÚ + vlastní výpočty;

*průměrná nadm. výška regionu zjištěná z údajů vrstvy vrstevnice.shp z databáze ArcČR 500 (Digitální geografická databáze, 1 : 500 000; ARCDATA PRAHA, s.r.o., 2009)



Obr. 21: Vybrané regiony (tmavě) a uzlové body na území ČR.

8 Výsledky

8.1 Teplé dny

Tabulka 11: Relativní nadměrná úmrtnost (%) na vybrané CVD u zkoumaných populačních skupin v teplých dnech (10% nejteplejších dní v létě) v Praze a JČ v období 1994–2009 pro sumu hodnot ($D_0 + D_{+1}$). Žlutě jsou zvýrazněny hodnoty statisticky významné na $p = 0,05$.

teplé dny									
Praha									
pohlaví	muži			ženy			muži a ženy celkem		
věk	<65	65+	TOT	<65	65+	TOT	<65	65+	TOT
diagnóza									
CVD celkem	14,4	11,1	11,8	16,1	14,4	14,4	14,9	13,1	13,3
IHD	4,3	6,1	5,7	34,8	11,3	12,7	10,5	9,0	9,2
CD	13,0	9,2	9,7	1,7	15,2	14,5	9,0	13,1	12,8
MI	2,3	-4,2	-2,2	17,1	2,3	3,7	5,6	-0,9	0,5
CIHD	3,0	12,4	10,4	58,0	13,7	15,4	13,1	13,1	13,1
ateroskleróza	40,0	23,8	25,7	-32,2	23,0	21,6	21,0	23,3	23,2
jižní Čechy (JČ)									
pohlaví	muži			ženy			muži a ženy celkem		
věk	<65	65+	TOT	<65	65+	TOT	<65	65+	TOT
diagnóza									
CVD celkem	3,6	5,9	5,4	3,5	13,0	12,4	3,6	10,1	9,2
IHD	7,9	2,1	3,5	5,7	13,9	13,3	7,5	8,5	8,3
CD	-10,2	7,6	5,0	7,4	12,5	12,2	-3,8	10,7	9,4
MI	1,7	3,3	2,7	12,9	7,0	7,6	3,6	5,0	4,7
CIHD	21,6	0,0	3,7	-1,6	17,5	16,7	16,0	10,3	10,9
ateroskleróza	0,2	16,5	14,6	-38,4	14,7	13,3	-8,9	15,4	13,8

Jako teplé byly určeny ty dny, jejichž průměrná teplota vzduchu překročila 23,4 °C v případě Prahy a 21,2 °C v případě JČ. U všech skupin diagnóz dosáhla v obou regionech statisticky významné ($p = 0,05$) zvýšené úmrtnosti alespoň jedna populační skupina vyjma infarktu myokardu (MI; tabulka 11). Nicméně v Praze vyšla v případě všech CVD statisticky významná nadměrná úmrtnost ve všech devíti sledovaných populačních skupinách, zatímco v JČ nedosahovaly odchylky pro mladší věkovou skupinu (< 65 let) zdaleka statistické významnosti. V Praze navíc všechny populační skupiny vykazovaly nadměrnou úmrtnost na CVD přes 10 %. V JČ byl oproti tomu efekt tepelného stresu u mužů (5,4 %) přibližně poloviční oproti ženám (12,4 %).

Pro dvě hlavní skupiny onemocnění oběhové soustavy – IHD a CD – vyšla statisticky významná nadměrná úmrtnost převážně u žen. Odchytky dosahovaly podobných hodnot v Praze (12,7 % IHD a 14,5 % CD) i v JČ (13,3 % a 12,2 %). Pro celkovou populační skupinu byla ale nadměrná úmrtnost u obou skupin diagnóz vyšší v Praze (9,2 % a 12,8 %) než v JČ (8,3 % a 9,4 %). Statisticky významná nadměrná úmrtnost na MI nebyla zjištěna v ani jednom regionu pro žádnou populační skupinu. Naopak v případě CIHD (kam patří i koronární ateroskleróza) byly zjištěny významné hodnoty v Praze i JČ. V případě žen vyšla dokonce vyšší odchylka v JČ (16,7 %) než v Praze (15,4 %), zatímco pro celkovou populaci byla zjištěna vyšší nadměrná úmrtnost v Praze (13,1 % vs. 10,7 % v JČ).

V případě aterosklerózy vyšly dokonce v obou regionech odchylky zvýšené úmrtnosti vyšší pro muže než pro ženy. Na druhou stranu ale byly zjištěny největší rozdíly mezi výsledky pro Prahu a JČ. U celkové populační skupiny byla v Praze (23,2 %) nadměrná úmrtnost o 10 procentních bodů větší než v jižních Čechách (13,8 %).

Obecně u všech diagnóz byly pro celkovou věkovou skupinu zjištěny v teplých i chladných dnech podobné hodnoty nadměrné úmrtnosti jako samostatně jen pro starší věkovou skupinu (65+ let).

8.2 Chladné dny

Tabulka 12: Relativní nadměrná úmrtnost (%) na vybrané CVD u zkoumaných populačních skupin v chladných dnech (10% nejchladnějších dní v zimě) v Praze a JČ v období 1994–2009 pro sumu hodnot ($D_0 + D_{+1}$). Žlutě jsou zvýrazněny hodnoty statisticky významné na $p = 0,05$.

chladné dny									
Praha									
pohlaví	muži			ženy			muži a ženy celkem		
věk	<65	65+	TOT	<65	65+	TOT	<65	65+	TOT
diagnóza									
CVD celkem	-7,6	6,8	4,0	-4,7	1,8	1,6	-6,8	3,7	2,6
IHD	-4,5	10,5	6,9	-20,0	-0,8	-1,8	-7,6	4,0	2,4
CD	-43,9	4,6	-1,4	34,2	7,8	9,1	-12,0	6,7	5,2
MI	-4,8	14,7	9,7	-40,4	7,3	3,5	-12,0	10,9	6,8
CIHD	-5,8	8,7	5,7	-12,0	-5,0	-4,8	-7,0	0,4	-0,2
ateroskleróza	12,5	1,6	2,8	-19,0	1,9	1,5	5,9	1,8	2,0
jižní Čechy (JČ)									
pohlaví	muži			ženy			muži a ženy celkem		
věk	<65	65+	TOT	<65	65+	TOT	<65	65+	TOT
diagnóza									
CVD celkem	5,0	4,9	4,9	-7,8	2,5	2,0	1,8	3,5	3,3
IHD	-3,0	1,7	0,4	30,1	4,0	5,5	3,7	2,9	3,0
CD	35,6	7,1	11,0	-31,6	5,3	3,7	13,2	6,0	6,6
MI	-3,8	20,9	13,2	51,6	7,2	11,6	6,1	14,7	12,6
CIHD	-2,6	-13,0	-11,2	0,3	1,2	1,1	-1,9	-4,3	-4,1
ateroskleróza	-14,4	13,3	10,3	-43,3	-3,0	-3,9	-21,5	3,0	1,6

Podle definice na základě kvantilů byly chladnými dny v Praze ty s průměrnou teplotou vzduchu nižší než $-5,7\text{ }^{\circ}\text{C}$ a v JČ dny s teplotou vzduchu pod $-7,6\text{ }^{\circ}\text{C}$. Stejně jako v případě teplých dnů byla tedy hraniční hodnota v městském regionu přibližně o $2\text{ }^{\circ}\text{C}$ vyšší než v JČ. Celkový počet populačních skupin dosahujících statisticky významné ($p = 0,05$) nadměrné úmrtnosti byl v těchto dnech oproti teplým nižší (tabulka 12). Vliv chladných dnů na nadměrnou úmrtnost byl o něco průkaznější v JČ než v Praze. V případě celkové populace byla nadměrná úmrtnost zjištěna v obou regionech u stejných skupin diagnóz (CVD, CD a MI). Nicméně v Praze dosahovaly odchylky statistické významnosti pouze pro samostatnou starší věkovou skupinu (65+ let), zatímco v JČ i pro celkovou skupinu.

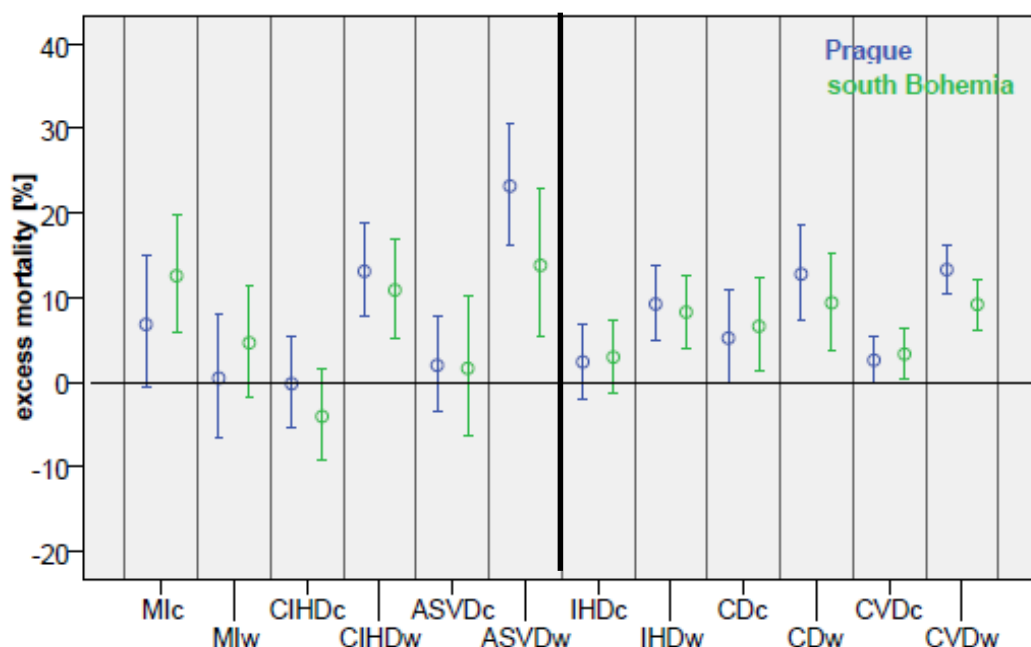
Největší statisticky významná nadměrná úmrtnost při nízkých teplotách vzduchu byla zjištěna pro MI. V JČ dosáhlo šest z devíti zkoumaných populačních skupin významné

odchylky (oproti dvěma populačním skupinám v Praze). V celkové populaci vyšla významná 12,6% nadměrná úmrtnost oproti nevýznamné 6,8% odchylce v Praze. V případě pacientů starších 65 let dosahovaly hodnoty (v tomto případě u obou regionů statisticky významných) 14,7 % v JČ resp. 10,9 % v Praze.

V případě všech IHD vyšla nadměrná úmrtnost mezi muži v Praze (6,9 %) a nevýznamná kladná odchylka u žen v JČ (5,5 %). Na druhé straně významná nadměrná úmrtnost na CD byla pozorována u žen v Praze (9,1 %) a u mužů v JČ (11,0 %). V případě chronických onemocnění (CIHD a ateroskleróza) nebyly zjištěny statisticky významné hodnoty ani v jednom regionu.

8.3 Shrnutí

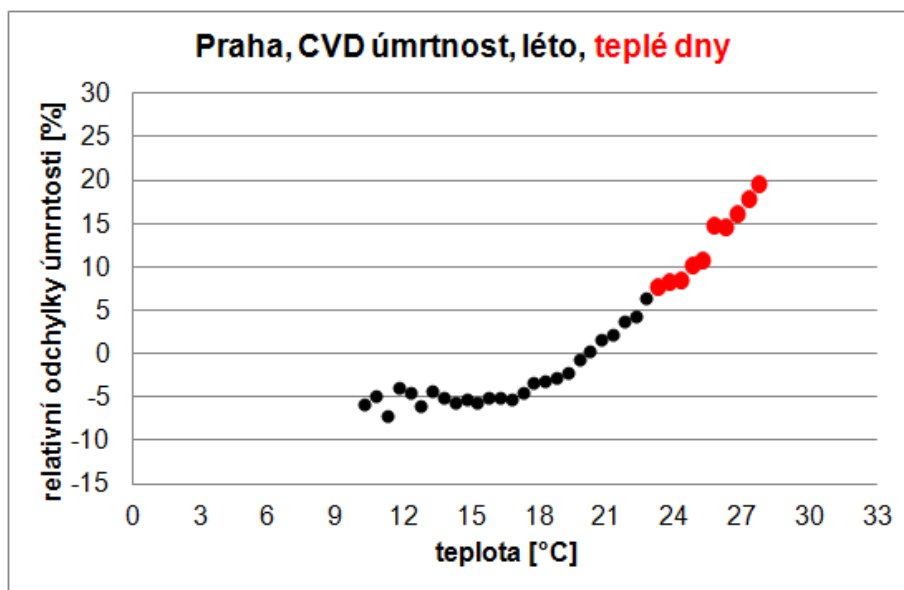
Obrázek 22 znázorňuje relativní odchylky počtu úmrtí celkové populace na sledované diagnózy v obou regionech v teplých (w) a chladných (c) dnech (viz tabulka 10). Je na něm jasně patrný obecně větší efekt teplých než chladných dnů na úmrtnost na CVD. I absolutní hodnoty nadměrných úmrtí byly v teplých dnech výrazně vyšší než v chladných dnech. V případě všech CVD to znamenalo 701 (teplé dny) vs. 137 (chladné dny) nadměrných úmrtí v Praze a 430 vs. 157 v JČ. Nejvýrazněji se efekt teplých dnů projevuje u aterosklerózy (ASVD), kde je zároveň rozdíl mezi Prahou a JČ v teplých dnech největší. Naopak větší efekt chladných dnů byl zjištěn v JČ s nejvýraznějšími rozdíly v nadměrné úmrtnosti u infarktu myokardu (MI). V Praze nedosahuje statisticky významné ($p=0,05$) nadměrné úmrtnosti při chladných dnech v celkové populaci žádná z diagnóz.



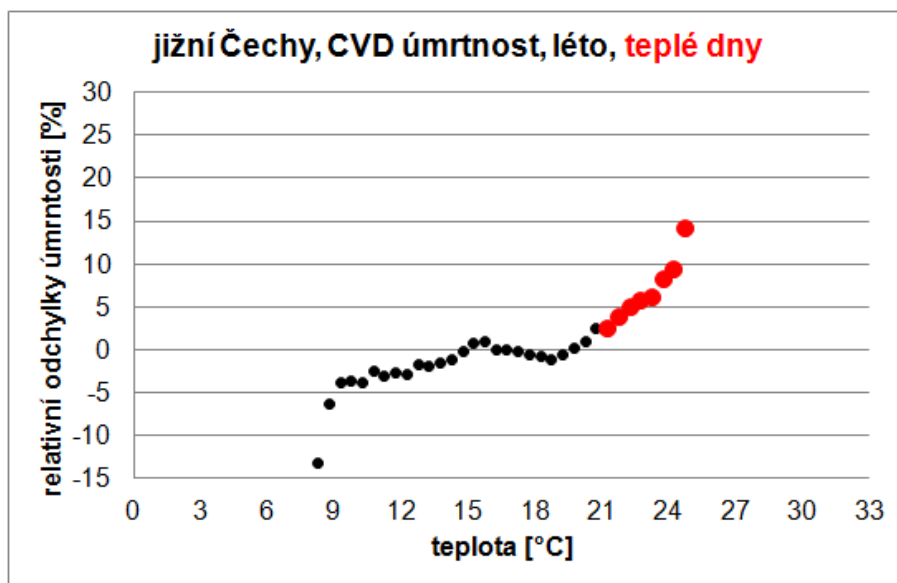
Obr. 22: Relativní odchylky úmrtnosti od normálu (%) v Praze a JČ pro celkovou populační skupinu (muži a ženy TOT) na vybrané diagnózy (zkratky z tabulky 7; ASVD = ateroskleróza) v chladných (c) a teplých (w) dnech. Chybové úsečky znázorňují 95% intervaly spolehlivosti. V případě, že úsečka neprotíná nulovou hodnotu, je odchylka významná na $p=0,05$.

V obou regionech obecně menší nárůst úmrtnosti během chladných dnů je zřejmě způsoben více faktory, mj. efektem zpoždění nárůstu úmrtnosti až několik týdnů po výskytu chladné epizody (viz část 3.1) a obecně lepší adaptací společnosti ve střední Evropě vůči nízkým teplotám vzduchu. Naopak výraznější nárůst úmrtnosti v teplých dnech v obou regionech je způsoben pravděpodobně efektem posunu úmrtnosti do prvních dnů po horké epizodě (část 3.1) a obecně horší adaptací společnosti na vysoké teploty vzduchu (část 3.3).

Na obrázcích 23 a 24 znázorňujících klouzavé průměry relativních odchylek úmrtnosti na CVD v teplotních intervalech 3 °C je vidět, že v Praze je těsnější závislost (koeficient determinace u polynomicke regrese 2. stupně $R^2 = 0,99$) odchylek úmrtnosti na teplotě vzduchu oproti JČ ($R^2 = 0,80$) se zřetelnějším rozdělením záporných a kladných odchylek. Kladné průměrné odchylky úmrtnosti se vyskytují při teplotách nad 20 °C, hranice 10% nadměrné úmrtnosti je překročena při teplotě > 24,5 °C. Při teplotě > 25 °C dochází k výraznému skoku z 10% na 15% nadměrnou úmrtnost.



Obr. 23: Průměrné relativní odchylky (%) úmrtnosti od očekávaných hodnot v létě (černě) a v teplých dnech (červeně; 10% nejteplejších letních dní) v Praze v letech 1994–2009. Body představují průměrné hodnoty relativních odchylek úmrtnosti pro interval 3 °C klouzavě po 0,5 °C.



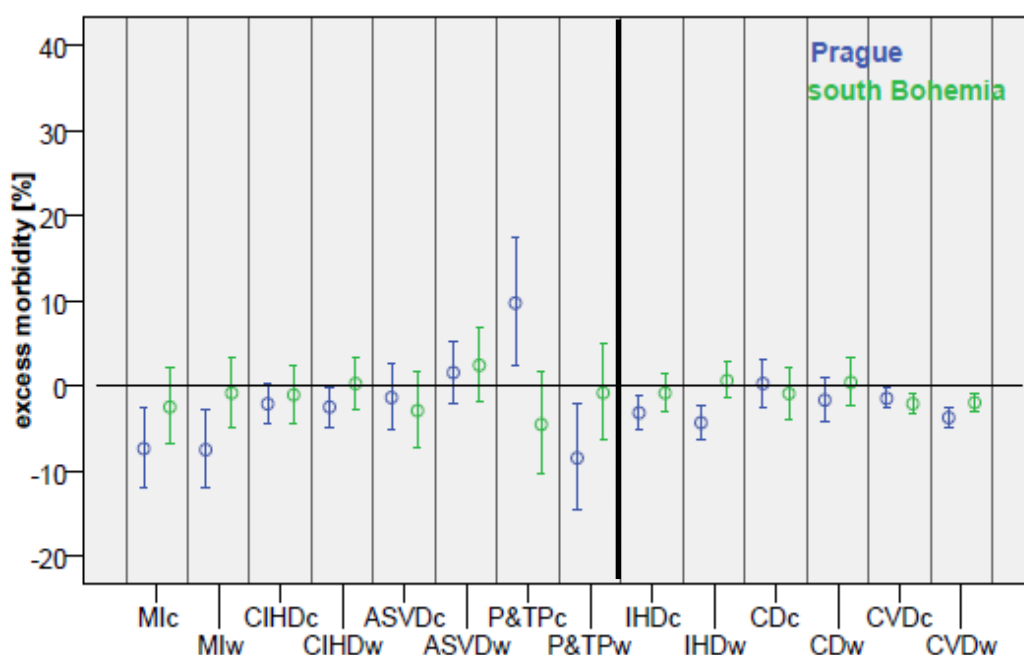
Obr. 24: To samé jako na obr. 23 pro JČ.

V JČ sice dochází ke změně znaménka relativních odchylek na kladné také až od teploty 20 °C, ale zatímco v Praze dochází k nárůstu nadměrné úmrtnosti až od teploty nad 17 °C, v JČ je pozorovatelný nárůst v podstatě napříč celou teplotní stupnicí (obr. 24). Hranice 10% nadměrné úmrtnosti je překročena ve stejném teplotním rozmezí jako v Praze (> 24,5 °C), nicméně k výraznému skoku nadměrné úmrtnosti o přibližně 4–5 procentních bodů dochází v JČ o 1 °C dříve než v Praze.

V případě chladných dnů vykazovaly (vzhledem k těžšímu levému chvostu rozdělení denních teplot vzduchu v zimě a malému počtu dní s extrémně nízkými teplotami) odchylky mnohem rozkolísanější průběh vykazující malou závislost úmrtnosti na teplotě vzduchu ($R^2 = 0,33$ v Praze a 0,06 v JČ). Analyzovat přesné příčiny těchto rozdílů data, která jsem měl k dispozici, neumožňují. Nicméně některé možné fyzicko-geografické a socioekonomické faktory jsou diskutovány v kapitole 9.

8.4 Hospitalizace

Pro celkovou skupinu všech CVD (I00–I99 podle MKN–10) nebyl zjištěn žádný statisticky významný efekt nárůstu hospitalizací při teplých nebo chladných dnech pro žádnou populační skupinu v ani jednom regionu. To samé platí i pro dvě hlavní skupiny (IHD a CD – srovnej obr. 22 a 26). V případě celkové populace tvoří jedinou výjimku zánět žil (P&PT), na který bylo v Praze při chladných dnech hospitalizováno statisticky významných 9,7 % (95% konf. interval = 2,5; 17,5) pacientů navíc oproti očekávané hodnotě. V případě dalších chronických onemocnění vykázalo několik jednotlivých populačních skupin statisticky významné hodnoty nadměrných hospitalizací. Zejména v Praze vyšla statisticky významná nadměrná nemocnost mezi muži 65+ let na zánět žil (P&PT na obr. 26) v chladných dnech (16,5% [0,6; 34,8]) a mezi ženami 65+ let na aterosklerózu v teplých dnech (8,6% [3,1; 14,4]). V JČ vyšla statisticky významná kladná odchylka pouze v případě hospitalizací mužů na CIHD v chladných dnech (5,7% [1,2; 10,5]).



Obr. 25: Relativní odchylky nemocnosti od normálu (%) v Praze a JČ pro celkovou populační skupinu (muži a ženy TOT) na vybrané diagnózy (zkratky z tabulky 7; ASVD = ateroskleróza, P&PT = zánět žil) v chladných (c) a teplých (w) dnech. Chybové úsečky znázorňují 95% intervaly spolehlivosti. V případě, že úsečka neprotíná nulovou hodnotu, je odchylka významná na $p=0,05$.

9 Diskuze

Tato práce by měla rozšířit poznatky týkající se vlivu teplotních extrémů na úmrtnost a hospitalizace na CVD v populaci ČR. Zde doposud chyběla rozsáhlejší studie sledující rozdílné vztahy a zákonitosti pro jednotlivé CVD a zabývající se podrobněji vlivem vysokých/nízkých teplot vzduchu na hospitalizace na jednotlivé CVD. Předchozí práce se také ve většině případů zabývaly ukazateli úmrtnosti pro celé území ČR. Výsledky v této práci naznačují, že je třeba odlišovat jednotlivé regiony na základě fyzicko-geografických, environmentálních a socioekonomických faktorů, že efekt vysoké a nízké teploty vzduchu nezpůsobuje výrazný nárůst nemocnosti jako je tomu v případě úmrtnosti a také, že je třeba rozlišovat jednotlivé skupiny CVD vzhledem k rozdílným fyziologickým procesům v oběhové soustavě vyvolaným teplem a chladem.

9.1 Regionální rozdíly

Výsledky pro úmrtnost na CVD celkově v JČ více odpovídají výsledkům z předchozích prací studujících celkovou populaci ČR (Kyselý et al., 2011: nejvyšší nadměrná úmrtnost při studených vlnách u mužů ve středním věku (25–59 let) oproti nejvyššímu riziku úmrtní při horkých vlnách zjištěnému u žen nad 70 let). I v případě JČ byla u CVD u mužů < 65 let zjištěna pětiprocentní nadměrná úmrtnost v chladných dnech, i když v tomto případě nebyla hodnota statisticky významná. Výsledky pro Prahu jsou více odlišné od prací pro celou ČR (zejména významné hodnoty nadměrné úmrtnosti na CVD při chladných dnech u mladších populačních skupin 65 let ve srovnání s nevýraznými nárůsty úmrtnosti v případě JČ a naopak v Praze menší nadměrná úmrtnost při chladných dnech než v JČ).

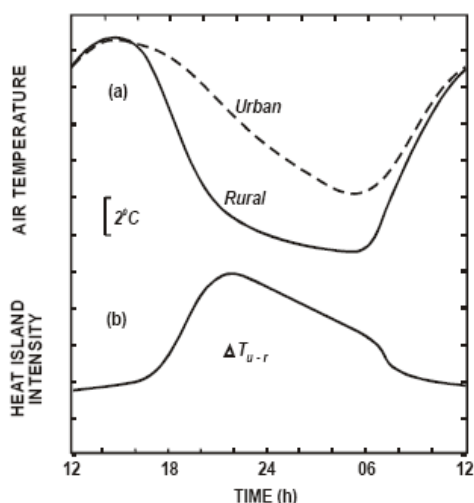
Určité rozdíly ve výsledcích této práce a práce Kyselý et al. (2011) a jejich interpretaci mohou být způsobeny rozdílným sledovaným obdobím (1986–2006 v práci Kyselý et al. (2011) vs. 1994–2009 v této práci), odlišným vymezením věkových kategorií, rozdílnými metodami určení horkých a chladných období, podrobnějším sledováním efektu zpoždění (až D_{+15}) na nadměrnou úmrtnost v práci Kyselý et al. (2011) a především menšími sledovanými populačními vzorky rozdělenými do dvou regionů. Rozdíly mezi Prahou a JČ naznačují, že demografické a epidemiologické charakteristiky v Praze se liší od zbytku republiky, což je pravděpodobně způsobeno rozdílnými fyzicko-geografickými a socioekonomickými podmínkami ve velkém městě a na „venkově“ (ve zbytku republiky). Obecně nižší úmrtnost obyvatel Prahy při nízkých teplotách vzduchu oproti zbytku ČR byla ale zjištěna i v práci Plavcová a Kyselý (2009b; kde bylo analyzováno i delší zpoždění), kteří

tento jev připisují rozdílnému životnímu stylu (méně času tráveného v exteriéru) a rozdílným socioekonomickým faktorům (např. lépe rozvinuté veřejné dopravě v Praze; Plavcová a Kyselý, 2009b).

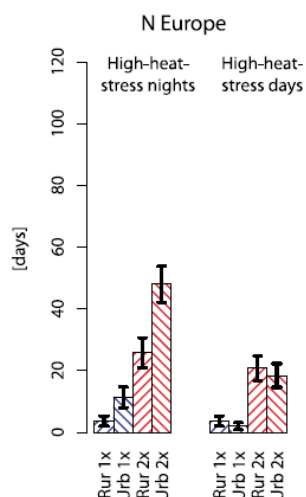
9.1.1 Efekt městského tepelného ostrova

Vysoké zastoupení aktivního povrchu z umělých materiálů výrazně ovlivňuje energetickou a vodní bilanci prostředí města v důsledku nižšího albeda a nepropustnosti pro vodu (Mills, 2007). Dešťová voda odtéká po pevných materiálech do kanalizace a méně je jí využito na výpar a ochlazování městské atmosféry. Charakter povrchu a orientace a geometrie jednotlivých ulic a částí města (Endlicher et al., 2006) mají vliv na lokální teploty vzduchu při zemském povrchu (Mills, 2007; Voogt, 2004). V důsledku svých fyzikálních vlastností se městské povrchy zejména při slunečných dnech výrazně zahřívají a v nočních hodinách následně sálají teplo do atmosféry, která se díky tomu ve městě ochlazuje pomaleji než v okolní volné krajině (Mills, 2007; obr. 27). Právě pomalejší ochlazování městské atmosféry a vyšší tepelný stres v nočních hodinách oproti venkovskému prostředí, které mohou způsobit noční teplotní rozdíl mezi městem a venkovem i více než 10 °C (Voogt, 2004), je podle některých prací hlavním příčinou vyšší úmrtnosti během horkých vln ve městech (Fischer et al., 2012; obr. 28). Naopak nižší vlhkost v důsledku menšího výparu má jen minimální vliv ve vyvažování tepelného stresu (Fischer et al., 2012). Intenzita tepelného ostrova (teplotní rozdíl mezi městem a okolím) závisí na aktuálním počasí (rychlost proudění, oblačnost), geografické poloze a topografii města (poloha u moře, v rovině, nebo údolí řeky), ročním a denním obdobím (v zimě hraje větší roli antropogenní teplo, v létě radiační teplo), materiálech použitých na městskou infrastrukturu, množství městské zeleně, nebo na funkci města (zastoupení těžkého průmyslu apod., Voogt, 2004)

Prokázaný výskyt efektu tepelného ostrova v Praze s trendem růstu průměrné intenzity o 1,2 °C/100 let (Beranová a Huth, 2003) podporuje mnoho faktorů od charakteru územní zástavby po „příhodnou“ polohu centra města v hlubokém údolí Vltavy. Nejvyšší hodnoty (v případě minimální denní teploty vzduchu) dosahuje intenzita městského tepelného ostrova v Praze v létě (2,6 °C) a nejmenší v zimě (2,3 °C; oproti třem středočeským meteorologickým stanicím – Beranová a Huth, 2003). Z hlediska synoptických situací nabývá městský tepelný ostrov největší intenzity při anticyklonálních situacích (v létě až 3,9 °C), které jsou často v létě spojeny s výskytem horké vlny (Kyselý, 2008).



Obr. 26: Vývoj intenzity městského tepelného ostrova během dne (převzato z: Mills, 2004)



Obr. 27: Frekvence nocí (vlevo) a dní s vysokým tepelným stresem ve venkovském (Rur) a městském (Urb) prostředí v severní Evropě. Červené sloupce představují to samé při dvojnásobné koncentraci CO₂ (více informací a převzato z: Fischer et al., 2012)

Zjištěné regionální rozdíly mezi Prahou a JČ jsou v souladu s jinými evropskými studiemi zkoumajícími regionální rozdíly v měřítku jednoho státu (jedné klimatické oblasti; Gabriel a Endlicher, 2011; Plavcová a Kyselý, 2009b; Hajat et al., 2007). Výraznější efekt teplých dní na úmrtnost na CVD byl zjištěn v Praze, zatímco nárůst úmrtnosti (zejména na MI) při chladných dnech byl o něco výraznější v JČ (viz obr. 22 a 26). Nižší nadmořská výška a efekt městského tepelného ostrova mají za následek v Praze obecně vyšší průměrnou teplotu vzduchu než v JČ. Stejně tak mezní teploty vzduchu určující chladné a teplé dny jsou v Praze zhruba o 2 °C vyšší než v JČ (tabulka 10). Z toho důvodu mohou být obyvatelé Prahy vystaveni vyššímu stresu v teplých dnech a naopak obyvatelé chladnějších JČ čelí vyššímu chladovému stresu v zimním období. Při předpokladu, že fyziologická adaptace obyvatel Prahy a JČ není příliš odlišná, hrají pravděpodobně fyzicko-geografické a hlavně socioekonomické rozdíly (viz 9.1.3) v městském prostředí Prahy a převážně venkovském prostředí JČ významnou roli ve zjištěných rozdílech.

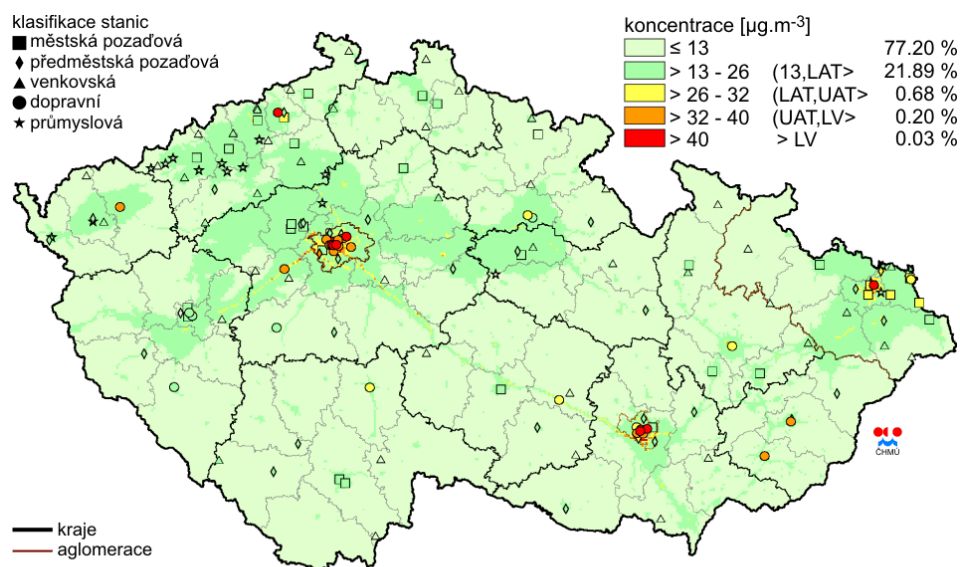
9.1.2 Znečištění ovzduší

Kromě meteorologických veličin, které jsou v městském prostředí modifikovány, má významný vliv na lidské zdraví také znečištění ovzduší. V případě CVD působí nepříznivě zejména vysoké koncentrace PM (prachových částic), NO_x , CO a O_3 (Maitre et al., 2006). Vystavení nadměrnému znečištění ovzduší, zejména pevnými prachovými částicemi (PM_{10} a $\text{PM}_{2,5}$), může mít za následek zánětlivé oxidační procesy v plicích a oběhovém systému, které mohou v případě dlouhodobého působení vést mimo jiné ke vzniku chronických onemocnění žil a srdce (zvýšené srážlivosti krve/trombózy (zánět žil), srdeční arytmií nebo ateroskleróze; Brook et al., 2004; Chen a Goldberg, 2009) a mohou vést ke zkrácení očekávané délky života (ČHMÚ, 2011). Chuang et al. (2011) našli spojitost mezi meziročním navýšením množství PM, NO_2 a O_3 a zvýšeným krevním tlakem, hladinou cholesterolu v krvi a dalšími faktory významnými pro vývoj aterosklerotických nemocí. Možnost zrychlení vývoje aterosklerózy a nemocí s ní spojených při vystavení zvýšeným koncentracím $\text{PM}_{2,5}$ zmiňuje také Kaufman (2010). Chen a Goldberg (2009) navíc našli vyšší riziko úmrtí na rakovinu plic a CVD u obyvatel žijících poblíž dálnic nebo frekventovaných městských ulic, kde jsou obecně pozorovány vyšší koncentrace PM a NO_x . A právě nadlimitní koncentrace prachových částic PM_{10} a oxidů dusíku NO_x jsou v Praze v současnosti nejproblematictější a mnohem vyšší než v JČ (viz obrázky 29 a 30).

Dlouhodobé vystavení vyšším koncentracím PM a NO_x spolu s umocněným tepelným stresem vlivem městského prostředí mohou být jedněmi z příčin výrazně vyšší nadměrné úmrtnosti na aterosklerózu v Praze než v JČ v teplých dnech. Především významné hodnoty nadměrné úmrtnosti na aterosklerózu u mladších věkových skupin v Praze podporují teorii rychlejšího vývoje aterosklerózy vlivem městského znečištěného prostředí. Navíc byly v Praze zjištěny také statisticky významné hodnoty nadměrné nemocnosti na chronická onemocnění cév (aterosklerózu a zánět žil).

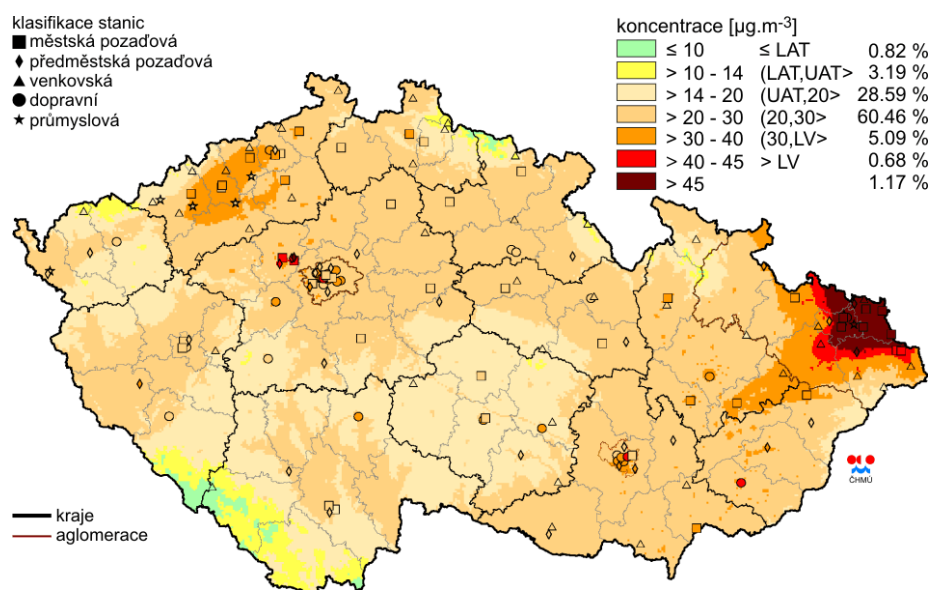
Vliv krátkodobého znečištění ovzduší může negativně spolupůsobit na zdravotní stav obyvatel při extrémních teplotních událostech, nicméně podíl jeho vlivu je podle některých prací výrazně nižší, než podíl samotné meteorologické situace (Vaněčková et al., 2011; kapitola 6). Hu et al. (2008) sice zjistili výraznější nárůst úmrtnosti při koncentracích SO_2 nad 0,315 pphm (parts per hundred million) než při maximální teplotě vzduchu nad 32 °C. Uvedená mez znečištění byla ovšem překročena pouze v 17 případech oproti 116 dnům s teplotou nad 32 °C (v letech 1994–2004). Navíc v Praze ani JČ nedosahuje znečištění SO_2 zdaleka takových hodnot (ČHMÚ, 2011).

Problematickými mohou být kromě PM_{10} a NO_x koncentrace přízemního ozonu (O_3). Na rozdíl od většiny ostatních škodlivin jsou jeho nejvyšší koncentrace měřeny v létě. To je dáno způsobem vzniku přízemního ozónu fotochemickými reakcemi NO_x a těkavých látek za přítomnosti slunečního záření (ČHMÚ, 2011). Díky zpětnému odbourávání O_3 reakcí s NO narůstají koncentrace přízemního O_3 se vzdáleností od jeho zdrojů, tudíž jsou vyšší koncentrace sledovány na okrajích měst a v oblastech s vyšší nadmořskou výškou (ČHMÚ, 2011; Maitre, 2006). Nicméně nejvyšší sledované hodnoty v okrajových částech Prahy (Suchbát, Stodůlky, Kobylisy, Libuš) a v JČ (Žďár nad Sázavou, Košetice, Kostelní Myslová) se výrazně neliší (obr. 31; ČHMÚ, 2011). Ozon má navíc negativní vliv převážně na dýchací soustavu (ČHMÚ, 2011) a ve studiích byla zjištěna výrazně vyšší spojitost nárůstu koncentrace O_3 s vyšší úmrtností na respirační onemocnění než na CVD (Gryparis et al., 2004; Ren et al., 2010). Pro lepší objasnění vlivu znečištění ovzduší na nemoci oběhové soustavy by byl potřeba datový soubor pro znečištění srovnatelný s teplotními daty, který nebyl v době práce dostupný. Příhodné by také bylo provést srovnání výsledků pro Prahu a JČ s dalšími znečištěnými silně zatíženými regiony jako jsou Moravskoslezský nebo Ústecký kraj. Jak dokazují některé práce (Dzúrová, 1993), úroveň narušení životního prostředí výrazně souvisí s úrovní sociálního prostředí, které následně lépe prostorově koreluje se zdravotním stavem obyvatelstva v daném regionu.



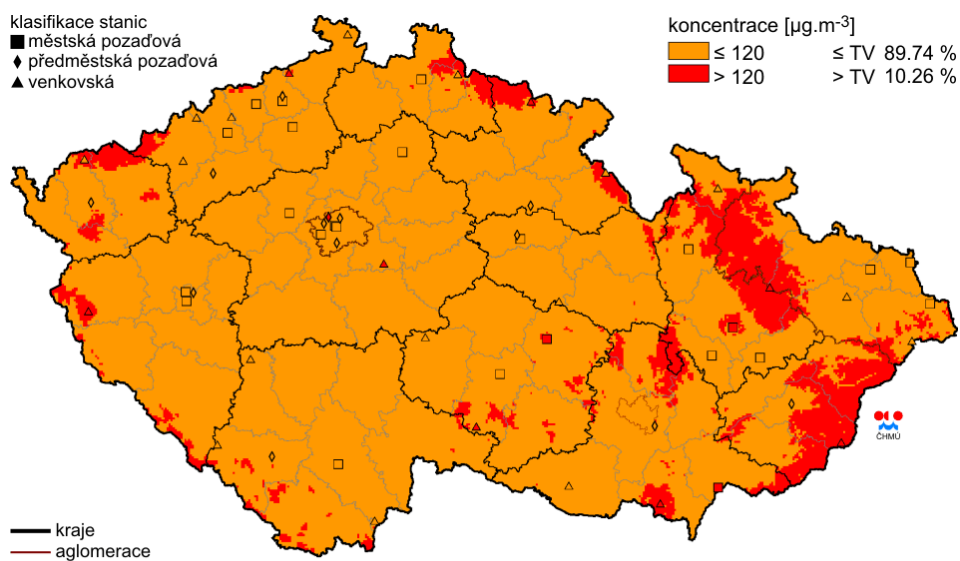
Pole roční průměrné koncentrace NO_2 v roce 2010

Obr. 28: Průměrná roční koncentrace oxidu dusičitého (NO_2) v roce 2010 v ČR. Zkratka LV značí limit pro ochranu zdraví stanovený Zákonem o ochraně ovzduší č. 86/2002 Sb., v platném znění (převzato od ČHMÚ, 2011).



Pole roční průměrné koncentrace PM_{10} v roce 2010

Obr. 29: To samé jako na obr. 29 pro koncentrace polétavého prachu (PM_{10}) v roce 2010 v ČR (převzato od ČHMÚ, 2011).



Pole 26. nejvyššího maximálního denního 8h klouzavého průměru koncentrace ozonu v průměru za 3 roky, 2008–2010

Obr. 30: Maximální koncentrace přízemního ozonu v průměru za období 2008–10 v ČR. TV značí hranici překročení cílového imisního limitu za tříleté období ve vztahu k ochraně lidského zdraví v souladu s Nařízením vlády č. 597/2006 Sb., ve znění pozdějších předpisů (převzato od ČHMÚ, 2011).

9.1.3 Socioekonomické faktory

Extrémní teploty vzduchu mohou mít negativní vliv na zdravotní stav pacienta s CVD, jehož zhoršení může vést až k hospitalizaci v nemocničním zařízení nebo úmrtí. Jak ale uvádějí již některé výše zmíněné studie (Hattis et al., 2012 a Wu et al., 2010), kromě fyzicko-geografických faktorů mají na úmrtnost a nemocnost (nejen) při vysokých a nízkých teplotách významný vliv socioekonomické a demografické faktory jako rozdílný životní styl, struktura zaměstnanosti, ekonomický status nebo dostupnost a kvalita zdravotní péče (Clark et al., 2007) městské a venkovské populace. K hlavním rizikovým faktorům kardiovaskulárních onemocnění patří kouření (včetně pasivního), nedostatečná fyzická aktivita, špatné stravování, nadměrná konzumace alkoholu nebo stres (AIHW, 2004). Ty mohou mít za následek zvýšenou hladinu cholesterolu a tuků v krvi, cukrovku nebo vysoký krevní tlak.

Vyšší náchylnost obyvatel Prahy na vysoké teploty oproti JČ může být do značné míry způsobena větším stresem na lidský organismus vlivem městského tepelného ostrova a rychlejším vývojem aterosklerózy u městského obyvatelstva kvůli dlouhodobému vystavení znečištění zejména prachovými částicemi (při obecně nedostatečné adaptaci obyvatel střední Evropy na vysoké teploty vzduchu – Gosling et al., 2009; Conlon et al., 2011; O'Neill et al., 2009, Christidis et al., 2010). Na druhou stranu nižší dopad nízkých teplot vzduchu na úmrtnost na CVD v Praze může být kromě nižších absolutních teplot vzduchu při chladných dnech (z větší míry než u vysokých teplot) důsledkem rozdílného životního stylu obyvatelstva (zejména staří lidé tráví méně času ve venkovním prostředí a větší roli u nich hraje pokojová teplota v domácnosti – Aylin et al., 2001; Rudge a Gilchrist, 2005) a rozdíly v socioekonomických faktorech (např. lépe rozvinutá hromadná doprava v Praze; Plavcová a Kyselý, 2009b). Výraznější efekt nízkých teplot vzduchu a rozdíly v životosprávě (stravování, kouření, alkohol), související s dalšími faktory jako vzdělání a ekonomický status (Bobak et al., 1999), mohou být důvodem výraznější zvýšené úmrtnosti při chladných dnech na MI v JČ. Kouření patří k nejrizikovějším faktorům zejména v případě ischemických nemocí srdečních (infarkt myokardu; např. Bayentin et al., 2010; Tanis, 2003), na rozdíl od cerebrovaskulárních nemocí (CD), u kterých výrazná spojitost s kouřením zjištěna nebyla (Powles et al., 2002) a větší roli zde hrají zřejmě jiné faktory jako vysoká hladina cholesterolu a vysoký krevní tlak (Hong et al., 2003). V JČ bylo za sledované období hospitalizováno více pacientů na infarkt myokardu (MI) než v Praze, u mužů < 65 let v JČ byly zjištěny statisticky významné nadměrné hospitalizace na ischemické nemoci srdeční (IHD; 4,8 % [0,4; 9,5]) a především byla v JČ zjištěna oproti Praze větší a statisticky významná nadměrná úmrtnost na MI při chladných dnech u více populačních skupin. V JČ je oproti Praze podle statistik

(ČSÚ, 2012b) větší (23,8 % vs. 14,5 %) podíl obyvatel bez vyšší než základní úrovně vzdělání, u kterých byl zároveň zjištěn největší podíl kuřáků (ÚZIS, 2006). Obdobné demografické statistiky bychom zřejmě našli i u lidí s obezitou (VZP, 2012) nebo pro konzumaci alkoholu (Demografie, 2007). Navíc konkrétně MI, u kterého byly zjištěny největší regionální rozdíly je z důvodu fyziologických pochodů v těle rizikovější při nízkých teplotách vzduchu (viz část 9.3), což může být jedním z hlavních vysvětlení větší náchylnosti na úmrtnost na MI při chladných dnech v chladnějších JČ.

Významný nárůst úmrtnosti ve skupině ekonomicky aktivních obyvatel (< 65 let; muži CD, ženy MI) v JČ může být (kromě většího podílu kuřáků v této věkové kategorii; Láchová, J., 2011) způsoben vyšším podílem lidí pracujících ve venkovním prostředí (zemědělství, stavebnictví; ČSÚ, 2012b), kteří jsou častěji vystaveni extrémním teplotám než důchodci. Ti mohou při nepříznivých podmínkách zůstat ve svých domovech (kde pak zřejmě hraje větší roli pokojová teplota v domácnosti, než venkovní teplota vzduchu; Aylin et al., 2001; Rudge a Gilchrist, 2005). Vyšší fyzická aktivita u takovýchto zaměstnání může při silných mrazech, díky vysoké spotřebě kyslíku tkání, přispět ke vzniku srdečních potíží (Schwartz, 2004). Nicméně absolutní hodnoty nárůstu počtu úmrtí v teplých i chladných dnech u mladší věkové kategorie jsou celkem nízké (deset až dvacet nadměrných úmrtí za celé období), takže výsledky (a vysoké relativní nárůsty) u této věkové kategorie je třeba brát s rezervou.

9.2 Rozdíly mezi úmrtností a hospitalizacemi na CVD

Oproti nadměrné úmrtnosti (obr. 22) na CVD jsou významné odchylky hospitalizací mnohem méně početné (viz obr. 26) a jednoznačný vliv teploty vzduchu na hospitalizace na CVD zjištěn nebyl. Statisticky významné hodnoty se zúžily jen na několik vybraných diagnóz a populačních skupin; vzhledem ke zvolené hladině významnosti a problému s hodnotami významnosti při mnohonásobném testování je nutno je interpretovat opatrně.

Nízký a nevýznamný nárůst hospitalizací při extrémních teplotách ve srovnání s úmrtností potvrzuje například práce Kovats et al. (2004) z Londýna, kde během horké vlny 1995 činila nadměrná celková úmrtnost 10,8 % ($p = 0,05$) ve srovnání s nevýznamnými nadměrnými hospitalizacemi (2,6 %). Ani hospitalizace na CVD nedosahovaly statistické významnosti při horkých vlnách ve studii zahrnující 12 evropských měst (Michelozzi et al., 2009). Například v Římě byl během horkých vln pozorován nárůst úmrtnosti na CVD o 12,4 %, zatímco hospitalizace za stejné období vykazovaly pokles o 1,2 % (Michelozzi et al., 2009). Během horké vlny v roce 2006 v Kalifornii dosahovaly hospitalizace na CVD pouze nevýznamného 1% nárůstu oproti referenčnímu období (Knowlton et al., 2009). Nevýznamný nárůst

hospitalizací na CVD při horkých vlnách je zřejmě důsledkem povahy fyziologických procesů v oběhové soustavě lidského těla. V období výskytu horkých vln může totiž dojít u pacientů s chronickým CVD k náhlému zhoršení zdravotního stavu, které může vést k okamžité smrti mimo nemocniční zařízení a k hospitalizaci tak nedojde (Linares a Díaz, 2007).

Zároveň jsou chronické srdeční potíže výrazným faktorem, který ovlivňuje hospitalizace z jiných primárních důvodů. Při horké vlně v Chicagu v roce 1995 byl zaznamenán nárůst celkové úmrtnosti o 147 % (Whitman et al., 1997), ale nadměrná nemocnost vykazovala nárůst „pouze“ 11 % (Semenza et al., 1999); z toho téměř polovina hospitalizací byla klasifikována jako dehydratace, úžeh nebo vyčerpání. Nicméně u přibližně stejného počtu nadměrně hospitalizovaných pacientů byla zjištěna CVD jako sekundární příčina hospitalizace. Nediagnostikování CVD jako primární příčiny ze strany ošetřujícího lékaře může být, kromě většího počtu úmrtí mimo nemocnici, dalším z důvodů nevýznamného nárůstu hospitalizací při extrémních teplotách vzduchu. V neposlední řadě studie z Kalifornie (Knowlton et al., 2009) ukázala, že je třeba brát v potaz také návštěvy pohotovostí, které mohou podchytit méně závažné případy vyvolané náhlou změnou teploty vzduchu nevyžadující si hospitalizaci pacienta (Ye et al., 2012).

Kromě již výše zmíněných faktorů (úmrtí mimo nemocnici a jiná zaznamenaná příčina hospitalizace) zřejmě v případě hospitalizací hraje významnou roli lidský faktor samotných pacientů. Na rozdíl od případů úmrtí mohou totiž pacienti do velké míry ovlivnit čas hospitalizace. Studie zabývající se časovým rozpětím mezi nástupem příznaků a hospitalizací pacienta na srdeční selhání v nemocničním zařízení udávají zpoždění v rozmezí hodin až několika dnů (rešerše prací Gravely-Witte et al., 2010). Studie vycházející z lékařských záznamů a zkoumající časové zpoždění od nástupu akutních příznaků (které pacienta donutí vyhledat lékařskou pomoc) uvádějí zpoždění v řádech hodin, maximálně do jednoho dne.

Ovšem některé studie zkoumaly zpoždění hospitalizace pacienta na srdeční selhání od nástupu prvotních příznaků (při kterých se pacient ještě nerozhodl vyhledat lékařskou pomoc) formou dotazování a rozhovorů s pacienty. Takové příznaky podle výpovědi pacientů přicházely až sedm dní před hospitalizací (Gravely-Witte et al., 2010). Lidé ve většině případů nepřipisovali prvotní příznaky srdečním potížím a čekali, až opět opadnou. V případě akutního infarktu myokardu může být nástup akutních potíží relativně rychlý a každá minuta může rozhodovat o životě pacienta (Moser et al., 2005). Přitom podle tohoto autora méně než deset procent pacientů ihned volá lékařskou pomoc. Častější bývá u nemocných snaha zahnat bolesti prášky, „konzultace“ s blízkou osobou, nebo v případě noční kardiovaskulární příhody čekání do rána. V těchto chvílích může také nastávat rozhodující okamžik, zda se bude

v konkrétním případě jednat „pouze“ o zpožděnou hospitalizaci, nebo úmrtí. Nezanedbatelnou roli v tomto „rozhodování“ může hrát také dopravní a časová dostupnost (např. pro záchranné služby), která se může velmi lišit v Praze a v odlehlých částech JČ (zvláště v zimním období při *chladných dnech*; Události ČT, 1. 4. 2012).

Rozdílné chování u každého z postižených pacientů při rozhodování o dalších krocích může být důvodem malého počtu nadměrných případů hospitalizací v prvních dvou dnech po výskytu nízké/vysoké teploty vzduchu oproti úmrtnosti. Případy se mohou rozložit do více následujících dnů v závislosti na konkrétní diagnóze, její závažnosti, na věku, pohlaví, životní situaci, na tom, zda je dotyčný zrovna doma, nebo v zaměstnání, zda žije sám, a na řadě dalších faktorů, které se velice těžko měří a sledují. Stejně tak o výše zmiňovaných rizikových faktorech jako jsou kouření nebo stres se můžeme domnívat, že mohou hrát významnou roli například v regionálních rozdílech, ale bez konkrétních záznamů o každém pacientovi se jedná pouze o nepodložené hypotézy a dopouštíme se tzv. ekologické chyby (Netrdová, 2011).

9.3 Rozdíly v diagnózách

Příčinou rozdílů u jednotlivých diagnóz jsou zřejmě odlišné fyziologické procesy působící při vysokých/nízkých teplotách. Pomineme-li fakt, že obecně více kladných a statisticky významných odchylek u úmrtnosti se zpožděním 0–1 den po výskytu vysoké/nízké teploty vzduchu vychází pro teplé dny (což může být částečně způsobeno efektem posunu nadměrné úmrtnosti do prvních dvou až tří dnů po výskytu vysoké teploty, na rozdíl od chladných dnů, kdy dochází k rozložení nárůstu úmrtnosti do více dnů; srov. Kyselý et al., 2011), pak vykazují větší náchylnost na vysoké teploty vzduchu pacienti s chronickými CVD (ateroskleróza, CIHD). Zejména u aterosklerózy je tento jev patrný pro úmrtnost i nemocnost. Naproti tomu u akutního infarktu myokardu (MI), byla zjištěna statisticky významná nadměrná úmrtnost pouze při nízkých teplotách vzduchu. V případě cerebrovaskulárních onemocnění (CD) jsou výsledky poněkud méně jednoznačné. Stejně tak literatura vykazuje větší nesrovnalosti ve výsledcích pro cévní nemoci mozku oproti ischemickým nemocím srdečním (srov. Feigin et al., 2000; Wang et al., 2009; Green et al., 2010; Dawson et al., 2008; Michelozzi et al., 2009). Tyto rozdíly mohou být způsobeny rozdílnými příčinami vzniku mozkového infarktu, ale například Kyobutungi zjistil zvýšené riziko mozkového infarktu při náhlých změnách teploty vzduchu ($> 5\text{ }^{\circ}\text{C}$ během 24 hodin) bez ohledu na to, zda tyto změny byly kladné nebo záporné.

Při chladovém stresu zřejmě hraje významnější roli zvýšený krevní tlak, větší stažitelnost cév a větší srážlivost a viskozita krve (Abrignani et al., 2011; Eurowinter Group, 1997; Cheng a Su, 2010), což představuje vyšší riziko zejména pro vznik trombózy (zánětu žil) v žilách dolních končetin. Sraženinami uvolněnými z dolních končetin jsou následně ohroženy zejména plíce (Goldhaber et al., 1999), ale i srdce a mozek (Riedl, 1971; Slýblová, 1971). Naopak při horku může hrát větší roli dehydratace, přehřátí a vyčerpání organismu (Výborný, 1971). Jak uvádí například Semenza et al. (1999), primární příčinou většiny hospitalizací při horké vlně v Chicagu 1995 byly právě dehydratace, přehřátí a vyčerpání organismu, nicméně 23% nárůst případů byl zjištěn u CVD jako sekundární příčiny hospitalizace. Zejména u hypertenze, srdeční arytmie, nemoci tepen (ateroskleróza) a známek prodělané cévní nemoci mozku (mozkového infarktu) byl zjištěn významný nárůst hospitalizací. Zvýšená námaha oběhové soustavy při stresu z horka i chladu může vést ke zvýšené spotřebě kyslíku a ke zvýšení srdečního výdeje (Riedl, 1971; Cheng a Su, 2010). V případě onemocnění tepen (tedy cév rozvádějících okysličenou krev do těla) aterosklerózou dochází k omezení/zamezení přísunu kyslíku do tkáně, což může v případě zvýšené námahy působit značné bolesti, případně i odumírání postižené tkáně (Ezekowitz, 1997). V případě aterosklerózy tepen vedoucích okysličenou krev do srdce nebo mozku může zvýšené fyzické vypětí vlivem horka stejně jako zvýšení krevního tlaku a zúžení tepen vlivem chladu způsobit vznik infarktu myokardu či mozkové mrtvice (Cheng a Su, 2010; Riedl, 1971).

Stav kardiovaskulárního systému také úzce souvisí s jinými faktory, jako je genetická výbava (Havlíček, 2007), dlouhodobé vystavování vyšším koncentracím škodlivých látek v ovzduší nebo životní styl (obojí viz výše). Lepší pochopení a objasnění fyziologických procesů a jejich vztahu s meteorologickými vlivy je problematika přesahující rámec této práce. Těsnější syntéza poznatků humánní biometeorologie a epidemiologie za přispění fyzických geografů je ovšem jedním z předpokládaných směrů vývoje dalšího výzkumu této problematiky (McGregor, 2011).

10 Varovné systémy

Hlavním cílem rozsáhlého množství prací zabývajících se problematikou vztahu teplotních (a jiných meteorologických) extrémů a hospitalizací resp. úmrtnosti na CVD by samozřejmě mělo být lepší pochopení těchto vztahů a další vývoj opatření a systémů, které budou varovat před riziky extrémních teplot vzduchu. Na tomto poli se za posledních dvacet let udělaly velké pokroky, hlavně co se týče varování obyvatelstva před vlnami extrémně vysokých teplot vzduchu. V roce 2003 měly horké vlny v ČR na svědomí 236 lidských životů, což je výrazně méně oproti předchozím srovnatelným událostem v letech 1992 a 1994 (718 a 919 zemřelých, Kyselý a Kříž 2003). Podle autorů je to důsledek nejen socioekonomických změn po roce 1989, ale také lepší informovanosti obyvatelstva ze strany médií a jeho lepší připravenosti na takové epizody. V mnoha západních městech byly v posledních dvaceti letech spuštěny výstražné systémy, které mají včas varovat příslušné úřady, nemocnice i samotné obyvatelstvo. Průkopníkem v tomto směru byla americká Filadelfie, kde byl takovýto výstražný systém spuštěn již v roce 1995 (Sheridan a Kalkstein 2004). Na základě synoptického přístupu byly určeny rizikové typy počasí (vzduchové hmoty) a při předpovědi jejich výskytu dochází k preventivním opatřením jako například:

- informování médií meteorologickou a zdravotnickou službou včetně poskytnutí informací, jak se při vysokých teplotách vzduchu chránit;
- sousedé, přátelé a další lidé z řad dobrovolníků jsou vyzýváni k denní kontrole svých blízkých a sousedů z řad starších obyvatel a dohlédnutí na dostatečný příjem tekutin u těchto osob;
- je zřízena informační „horká linka“, která je zveřejněna v médiích a poskytuje potřebné informace, případně pomoc;
- jsou zřízeny mobilní týmy zdravotnických sester a sanitářů, které kontrolují rizikové obyvatelstvo;
- je navýšen personál ve zdravotnických zařízeních;
- výrazně rizikové pacienti jsou převezeni do klimatizovaných zařízení (prostor).

Sheridan a Kalkstein (2004) odhadují, že tento výstražný systém ve Filadelfii pomohl zachránit přibližně sto lidských životů během čtyř let (1995–1998). Podobné výstražné systémy byly následně zavedeny i v dalších městech USA (Washington, Phoenix, Chicago atd.) nebo v jižní Evropě (Řím, Turín, Palermo).

V ČR existuje Systém integrované výstražné služby (SIVS) poskytovaný Českým hydrometeorologickým ústavem (ČHMÚ) a Odborem hydrometeorologického zabezpečení

Vojenského geografického a hydrometeorologického úřadu (Odboru HMZ VGHMÚř – meteorologická služba armády ČR). SIVS vydává výstražné informace v případě vysoké pravděpodobnosti výskytu vysokých nebo nízkých teplot vzduchu, nebo jiného hydrometeorologického rizika (ČHMÚ, 2011). Dalším varovným systémem, který integruje varování před extrémními meteorologickými jevy prozatím 30 evropských zemí, je Meteoalarm (www.meteoalarm.eu) vyvinutý pro organizaci EUMETNET. Díky internetu a dalším moderním médiím se výrazně zvýšila rychlost přisunu těchto varování široké veřejnosti, což přispívá ke snižování dopadů rizik, nicméně další kroky jsou v podstatě individuálně na každé nemocnici, místní samosprávě a jedinci zvlášť. SIVS vydává první výstražné informace před vysokými teplotami, pokud má maximální denní teplota vzduchu v ČR překročit 30 °C minimálně dva dny po sobě a před silnými mrazy, pokud má minimální teplota vzduchu klesnout pod –12 °C opět minimálně dva dny po sobě.

Do jaké míry ovšem obyvatelé berou vážně varování a upravují podle nich svůj denní program je vzhledem k výsledkům některých průzkumů (Nic Gabhainn et al., 1999) otázkou. Navíc nejrizikovější skupina obyvatel (≥ 65 let, pokud se absolutního počtu případů týče) nemá zdaleka takovou možnost rychle zjišťovat aktuální varování z moderních médií a hlavním zdrojem varovných informací tak pro ně jsou televizní a rozhlasové vysílání. Především by ale jejich zdrojem informací, jak modifikovat životní návyky nebo denní program a jak se zachovat při výskytu možných projevů kardiovaskulárních potíží v období horka/mrazů, měli být samotní lékaři při prohlídkách.

11 Závěr

Cílem této práce bylo rozšířit poznatky týkající se vlivu extrémních teplot vzduchu na pacienty s onemocněním oběhové soustavy (CVD) v ČR. Dostupná data umožnila oproti předchozím pracím studovat regionální rozdíly v dopadu vysokých/nízkých teplot na úmrtnost s ohledem na jednotlivé CVD a porovnat tyto vztahy s těmi pro hospitalizace; obojí za období 1994–2009. Vliv teplých (10 % nejteplejších dní v létě) a chladných (10% nejchladnějších dní v zimě) dní na úmrtnost a nemocnost na CVD byl analyzován zvlášť pro Prahu a zvlášť pro region jižních Čech (tvořený Jihočeským krajem a Vysočinou (JČ)) s cílem zjistit případné rozdíly mezi městskou populací v Praze a převážně venkovskou populací v JČ.

Pro celkové CVD byl v obou regionech zjištěn výrazně vyšší nárůst úmrtnosti při teplých než chladných dnech. Statisticky významný ($p = 0,05$) efekt teplých dnů na nárůst úmrtnosti nad očekávanou hodnotu se projevuje výrazněji v Praze (+13,3 % vs. +9,2 % v JČ), zatímco vliv chladných dnů byl zjištěn významný pouze v JČ (+3,3 % vs. nevýznamných +2,6 % v Praze). V rámci jednotlivých diagnóz tvoří hlavní rozdíl mezi regiony v případě teplých dnů výrazně vyšší úmrtnost na aterosklerózu v Praze (+23,2 % vs. + 13,8 % v JČ), zatímco vyšší dopad chladných dnů v JČ je způsoben především vyšší úmrtností na infarkt myokardu (+12,6 % vs. nevýznamných + 6,8 % v Praze). U souhrnných skupin ischemických nemocí srdečních a cévních nemocí mozku vyšla významná nadměrná úmrtnost v obou regionech jak při teplých, tak při chladných dnech.

Na rozdíl od úmrtnosti byl zjištěn slabý dopad teplých a chladných dnů na hospitalizace na CVD. V Praze se toto riziko týkalo zejména mužů (+16,5 %) u hospitalizací na zánět žil při chladných dnech a žen (+8,6 %) u případů aterosklerózy v teplých dnech. V JČ byly zjištěny významné nadměrné hospitalizace (+5,7 %) na chronickou ischemickou chorobu srdeční u mužů při výskytu chladných dnů. Důvodem povětšinou nevýznamného nárůstu hospitalizací oproti úmrtnosti může být diagnostika jiných primárních příčin hospitalizace pacienta při vysokých/nízkých teplotách, kdy ale zároveň chronické CVD bývají důležitým faktorem hospitalizace pacienta. Nezanedbatelnou roli hraje zřejmě také vysoký počet úmrtí při extrémních teplotách mimo nemocniční zařízení.

Rozdílné reakce jednotlivých diagnóz na tepelný stres jsou zřejmě způsobeny rozdílným charakterem jednotlivých onemocnění a rozdílnými fyziologickými procesy, které hrají roli při vysokých/nízkých teplotách vzduchu. Regionální rozdíly s vyšším dopadem tepelného stresu a naopak nižším efektem chladných dnů na úmrtnost na CVD v Praze naznačují vliv fyzicko-geografických faktorů, jako je nižší nadmořská výška a efekt městského tepelného

ostrova, spolu s dalšími faktory, jako jsou dlouhodobé vystavení znečištění ovzduší (zejména polétavým prachem) urychlující vývoj aterosklerózy, rozdílný životní styl, nebo rozdílná struktura obyvatelstva (např. vzdělání, zaměstnání) v městském a venkovském prostředí. K relevantnímu určení podílu významu těchto faktorů je ovšem zapotřebí detailní prostorová analýza meteorologických, epidemiologických a demografických datových souborů, která by měla být předmětem dalšího studia.

12 Použité zdroje

12.1 Literatura

- AIHW – Australian Institute of Health and Welfare (2004). Heart, stroke and vascular diseases – Australian facts 2004. AIHW Cat. No. CVD 27. Canberra: AIHW and National Heart Foundation of Australia (Cardiovascular Disease Series No. 22). ISBN 1-74024-376-5. 140 s.
- Abriagnani, M. G., Corrao, S., Biondo, G.B., Renda, N., Braschi, A., Novo, G., Di Girolamo, A., Braschi, G. B., Novo, S. (2009). Influence of climatic variables on acute myocardial infarction hospital admissions. *International Journal of Cardiology*, 137 (2009), s. 123–129. doi: 10.1016/j.ijcard.2008.06.036.
- Abriagnani, M. G., Corrao, S., Biondo, G. B., Lombardo, R. M., Girolamo, P. D., Braschi, A., Girolamo, A. D., Novo, S. (2011). Effects of ambient temperature, humidity, and other meteorological variables on hospital admissions for angina pectoris. *European Journal of Cardiovascular Prevention & Rehabilitation*. s. 1–7 doi:10.1177/1741826711402741.
- Atlas podnebí Česka 1961-2000: Climate atlas of Czechia 1961-2000*. (2007) 1. vyd. Praha: Český hydrometeorologický ústav, 1 atlas (255 s.). ISBN 978-80-86690-26-1.
- Aylin, P., Morris, S., Wakefield, J., Grossinho, A., Jarup, L., Elliott, P. (2001). Temperature, housing, deprivation and their relationship to excess winter mortality in Great Britain, 1986–1996. *International Journal of Epidemiology*, 30(5), s. 1100–8.
- Azevedo, E., Ribeiro, J. A., Lopes, F., Martins, R., Barros, H. (1995). Cold: a risk factor for stroke? *Journal of Neurology*, s. 217–221.
- Ballester, J., X. Rodó, F. Giorgi (2009). Future changes in Central Europe heat waves expected to mostly follow summer mean warming. *Climate Dynamics*, 35, s. 1191–1205, doi:10.1007/s00382-009-0641-5.
- Barnett, A. G., Williams, G. M., Schwartz, J., Best, T. L., Neller, A. H., Petroeschevsky, A. L., Simpson, R. W. (2006). The effects of air pollution on hospitalizations for cardiovascular disease in elderly people in Australian and New Zealand cities. *Environmental Health Perspectives*, 114(7), s. 1018–1023. doi: 10.1289/ehp.8674.
- Barriopedro, D., Fischer, E. M., Luterbacher, J., Trigo, R. M., García-Herrera, R. (2011). The hot summer of 2010: redrawing the temperature record map of Europe. *Science*, 332, s. 220–224, doi:10.1126/science.1201224.
- Basu, R., Ostro, B. D. (2008). A multicounty analysis identifying the populations vulnerable to mortality associated with high ambient temperature in California. *American Journal of Epidemiology*, 168(6), 632–7. doi:10.1093/aje/kwn170.
- Basu, R., Samet, J. M. (2002). Relation between elevated ambient temperature and mortality: a review of the epidemiologic evidence. *Epidemiologic Reviews*, 24(2), s. 190–202. doi: 10.1093/epirev/mxf007.
- Bayentin, L., El Adlouni, S., Ouarda, T. B. M. J., Gosselin, P., Doyon, B., Chebana, F. (2010). Spatial variability of climate effects on ischemic heart disease hospitalization rates for the period 1989–2006 in Quebec, Canada. *International Journal of Health Geographics*, 9(5), 10 s.. doi: 10.1186/1476-072X-9-5.
- Bell, M. L., Ebisu, K., Peng, R. D., Walker, J., Samet, J. M., Zeger, S. L., Dominici, F. (2008). Seasonal and regional short-term effects of fine particles on hospital admissions in 202 US counties, 1999–2005. *American Journal of Epidemiology*, 168(11), s. 1301–10. doi: 10.1093/aje/kwn252.

- Becker, S. (2000). Bioclimatological rating of cities and resorts in South Africa according to the Climate Index. *International Journal of Climatology*, 20(12), s. 1403–1414.
- Beranová, R., Huth, R. (2003): Pražský tepelný ostrov za různých synoptických podmínek. *Meteorologické zprávy*, 56, s. 137–142.
- Beranová, R., Huth, R. (2005). Long-term changes in the heat island of Prague under different synoptic conditions. *Atmospheric Environment*, 118, s. 113–118. doi:10.1007/s00704-004-0115-y.
- Bhaskaran, K., Hajat, S., Haines, A., Herrett, E., Wilkinson, P., Smeeth, L. (2010). Short term effects of temperature on risk of myocardial infarction in England and Wales: time series regression analysis of the Myocardial Ischaemia National Audit Project (MINAP) registry. *BMJ*, 341(aug10 1), s. c3823–c3823. doi: 10.1136/bmj.c3823.
- Blatecká, K. (2006). *Základní charakteristiky českého venkova*. Diplomová práce v oboru Regionální rozvoj a správa. Masarykova Univerzita v Brně, Ekonomicko-správní fakulta. Praha. 74 s. + přílohy.
- Bobak, M., Hertzman, C., Škodová, Z., Marmot, M. (1999). Socioeconomic status and cardiovascular risk factors in the Czech Republic. *International Journal of Epidemiology*, 28(1), s. 46–52.
- Braga, A. L. F., Zanobetti, A., Schwartz, J. (2011). The effect of weather on respiratory and cardiovascular deaths in 12 U.S. cities. *Environmental Health Perspectives*, 110(9), s. 859–63. doi: 10.1128/ECB.05515-11.
- Brook, R. D., Franklin, B., Cascio, W., Hong, Y., Howard, G., Lipsett, M., Luepker, R., Mittleman, M., Samet, J., Smith, S. C., Tager, I. (2004). Air pollution and cardiovascular disease: A statement for healthcare professionals from the expert panel on population and prevention science of the American Heart Association. *Circulation*, 109, s. 2655–2671. doi:10.1161/01.CIR.0000128587.30041.C8.
- Brown, P.J., Bradley, R.S., Keimig, F.T. (2010). Changes in extreme climate indices for the northeastern United States, 1870–2005. *Journal of Climate*, 23(24), s. 6555–6572. doi: 10.1175/2010JCLI3363.1
- Carder, M., McNamee, R., Beverland, I., Elton, R., Cohen, G. R., Boyd, J., Aguis, R. M. (2005). The lagged effect of cold temperature and wind chill on cardiorespiratory mortality in Scotland. *Occupational and Environmental Medicine*, 62(10), s. 702–10. doi: 10.1136/oem.2004.016394.
- Chen, H., Goldberg, M. S. (2009). The effects of outdoor air pollution on chronic illnesses. *McGill Journal of Medicine*, 12(1), s. 58–64.
- Cheng, X., Su, H. (2010). Effects of climatic temperature stress on cardiovascular diseases. *European Journal of Internal Medicine*, 21(3), s. 164–7. European Federation of Internal Medicine. doi: 10.1016/j.ejim.2010.03.001.
- Chuang, K.-J., Yan, Y.-H., Chiu, S.-Y., Cheng, T.-J. (2011). Long-term air pollution exposure and risk factors for cardiovascular diseases among the elderly in Taiwan. *Occupational and Environmental Medicine*, 68(2), s. 64–69. doi:10.1136/oem.2009.052704.
- Christidis, N., Donaldson, G.C. and Stott, P. A. (2010). Causes for the recent changes in cold- and heat-related mortality in England and Wales. *Climatic Change*, 102(3-4), s. 539–553. doi 10.1007/s10584-009-9774-0.
- Clark, R. A., Eckert, K. A., Stewart, S., Phillips, S. M., Yallop, J. J., Tonkin, A. M., Krum, H. (2007). Rural and urban differentials in primary care management of chronic heart failure: new data from the CASE study. *The Medical Journal of Australia*, 186(9), s. 441–5.
- Conlon, K. C., Rajkovich, N. B., White-Newsome, J. L., Larsen, L. a O'Neill M. S. (2011). Preventing cold-related morbidity and mortality in a changing climate. *Maturitas*, 69, s. 197–202. doi:10.1016/j.maturitas.2011.04.004

- Curriero, F. C., Heiner, K. S., Samet, J. M., Zeger, S. L., Strug, L., Patz, J. A. (2002). Temperature and mortality in 11 cities of the eastern United States. *American Journal of Epidemiology*, 155(1), s. 80–7.
- Dawson, J., Weir, C., Wright, F., Bryden, C., Aslanyan, S., Lees, K., Bird, W., Walters, M. (2008). Associations between meteorological variables and acute stroke hospital admissions in the west of Scotland. *Acta Neurologica Scandinavica*, 117(2), s. 85–89.
- Della-Marta, P. M., J. Luterbacher, H. Weissenfluh, E. Xoplaki, M. Brunet, H. Wanner (2007). Summer heat waves over western Europe 1880–2003, their relationship to large-scale forcings and predictability. *Climate Dynamics*, 29, s. 251–275, doi:10.1007/s00382-007-0233-1.
- Donaldson, G. C., Kovats, R. S., Keatinge, W. R., McMichael (2001). Heat- and cold-related mortality and morbidity and climate change. In: Maynard RL (ed.) *Health Effects of Climate Change in the UK – An Expert Review for Comment* 79, Department of Health, London, s. 79–100.
- Domonkos, P., Kysely, J., Piotrowicz, K., Petrovic, P., Likso, T. (2003). Variability of extreme temperature events in south-central Europe during the 20th century and its relationship with large-scale circulation. *International Journal of Climatology*, 23(9), s. 987–1010. doi: 10.1002/joc.929.
- Dzúrová, D. (1993). *Zdravotní stav obyvatel a kvalita životního prostředí: regionální souvislosti*. 136 str. Disertační práce. Katedra sociální geografie a regionálního rozvoje, PřF UK.
- Edwards, D. G., Roy, M. S., Prasad, R. Y. (2008). Wave reflection augments central systolic and pulse pressures during facial cooling. *American Journal of Physiology – Heart and circulatory physiology*, 294(6), s. H2535–9. doi: 10.1152/ajpheart.01369.2007.
- EEA – European Environment Agency (2010). *Mapping the impacts of natural hazards and technological accidents in Europe: An overview of the last decade*. Technical report No 13/2010. 144 s. ISBN 978-92-9213-168-5. doi:10.2800/62638.
- Empereur-Bissonnet, P. (2004). Health impact of the 2003 heat-wave in France. In: Ebi, K. L., Menne, B. (eds.). *Extreme Weather Events and Public Health Responses*. Report on WHO meeting, Bratislava, Slovakia. World Health Organization. s. 21–22.
- Endlicher, W., Jendritzky, G., Fischer, J., Redlich, J.-P. (2006). Heat waves, urban climate and human health. In: Kraas, F., Krafft, Th., Wang Wuyi (eds.): *Global change, urbanisation and health*. Beijing, Chinese Meteorological Press.[*.pdf – online]. Aktualizace 2012. [cit. 2012-8-13]. Dostupné z: <http://sar.informatik.hu-berlin.de/research/publications/SAR-PR-2006-06/SAR-PR-2006-06_.pdf>
- Eurowinter Group, The (1997). Cold exposure and winter mortality from ischaemic heart disease, cerebrovascular disease, respiratory disease, and all causes in warm and cold regions of Europe. The Eurowinter Group. *Lancet*, 349(9062), s. 1341–6.
- Ezekowitz, M. D. (1992). Peripheral vascular disease.s. 205–214. In: Zaret, B. L., Moser, M., Hunt, E. K. (1992). *Heart book*. Yale University, School of Medicine. 431 s. [online-verze]. Aktualizace 2002. [cit. 2012-2-20]. Dostupné z: <<http://www.med.yale.edu/library/heartbk/>>.
- Feigin, V. L., Nikitin, Y. P., Bots, M. L., Vinogradova, T. E., Grobbee, D. E. (2000). A population-based study of the associations of stroke occurrence with weather parameters in Siberia, Russia (1982–92). *European Journal of Neurology*, 7(2), s. 171–8.
- Faich, G., Rose, R. (1979). Blizzard morbidity and mortality: Rhode Island, 1978. *American Journal of Public Health*, 69(10), s. 1050–2.

- Filleul, L., Cassadou, S., Médina, S., Fabres, P., Lefranc, A., Eilstein, D., Le Tertre, A., Pascal, L., Chardon, B., Blanchard, M., Declercq, C., Jusot, J.-F., Prouvost, H., Ledrans, M. (2006). The relation between temperature, ozone, and mortality in nine french cities during the heat wave of 2003. *Environmental Health Perspectives*, 114(9), s. 1344–1347. doi: 10.1289/ehp.8328.
- Fischer, E. M., S. I. Seneviratne, D. Lu, C. Scha, (2007). Contribution of land-atmosphere coupling to recent European summer heat waves. *Geophysical Research Letters*, 34, s. 1–6, doi:10.1029/2006GL029068.
- Fischer, E.M., Oleson, K.W., Lawrence, D.M. (2012). Contrasting urban and rural heat stress responses to climate change. *Geophysical Research Letters*, 39(3), s. 1–8.
- Flynn, A., McGreevy, C., Mulkerrin, E. C. (2005). Why do older patients die in a heatwave? *QJM: Monthly Journal of the Association of Physicians*, 98(3), s. 227–9. doi: 10.1093/qjmed/hci025.
- Gabriel, K. M. (2009). *Gesundheitsrisiken durch Wärmebelastung in Ballungsräumen: Eine Analyse von Hitzewellen-Ereignissen hinsichtlich der Mortalität im Raum Berlin-Brandenburg*. Disertační práce v oboru Geografie. 103 str. + přílohy. Matematicko-přírodovědná fakulta II, Humboldtova Univerzita v Berlíně. [*pdf – online]. [cit. 2012-8-9]. Dostupné z: <<http://edoc.hu-berlin.de/dissertationen/gabriel-katharina-2009-11-20/PDF/gabriel.pdf>>.
- Gabriel, K. M., Endlicher, W. R. (2011). Urban and rural mortality rates during heat waves in Berlin and Brandenburg, Germany. *Environmental Pollution*, 159, s. 2044–2050. doi:10.1016/j.envpol.2011.01.016.
- Gosling, S. N., Lowe, J. A., McGregor, G. R., Pelling, M., Malamud, B. D. (2009). Associations between elevated atmospheric temperature and human mortality: a critical review of literature. *Climatic Change*, 92(3–4), s. 299–341. doi: 10.1007/s10584-008-9441-x.
- Gómez-Acebo, I., Dierssen-Sotos, T., Llorca, J. (2010). Effect of cold temperatures on mortality in Cantabria (Northern Spain): a case-crossover study. *Public Health*, 124(7), s. 398–403.
- Gravelly-Witte, S., Jurgens, C. Y., Tamim, H., Grace, S. L. (2010). Length of delay in seeking medical care by patients with heart failure symptoms and the role of symptom-related factors : a narrative review. *European Journal of Heart Failure*, s. 1122–1129. doi:10.1093/eurjhf/hfq122.
- Green, R. S., Basu, R., Malig, B., Broadwin, R., Kim, J. J., Ostro, B. (2010). The effect of temperature on hospital admissions in nine California counties. *International Journal of Public Health*, 55(2), s. 113–21. doi: 10.1007/s00038-009-0076-0.
- Gryparis, A., Forsberg, B., Katsouyanni, K., Analitis, A., Touloumi, G., Schwartz, J., Samoli, E., Medina, S., Anderson, H. R., Niciu, E. M., Wichmann, H. E., Kříž, B., Kosnik, M., Skorkovsky, J., Vonk, J. M., Dörtbudak, Z. (2004). Acute effects of ozone on mortality from the “air pollution and health: a European approach” project. *American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine*, 170(10), s. 1080–7. doi: 10.1164/rccm.200403-333OC.
- Haines, A., Kovats, R. S., Campbell-Lendrum, D., Corvalan, C. (2006). Climate change and human health: impacts, vulnerability and public health. *Public Health*, 120(7), s. 585–96. doi:10.1016/j.puhe.2006.01.002.
- Hajat, S., Armstrong, B., Baccini, M., Biggeri, A., Bisanti, L., Russo, A., Páldy, A., Menne, B., Kosatsky, T. (2006). Impact of high temperatures on mortality: is there an addend heat wave effect? *Epidemiology*, 17(6), s. 632–638.
- Hajat, S., Kovats, R. S., Lachowycz, K. (2007). Heat-related and cold-related deaths in England and Wales: who is at risk? *Occupational and Environmental Medicine*, 64(2), s. 93–100. doi: 10.1136/oem.2006.029017.
- Havlíček, R. (2007). Zdravotně sociální dopady u pacientů po akutním infarktu myokardu. Diplomová práce. Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích. Zdravotně sociální fakulta. 93 s.

- Hassi, J. (2005). Cold extremes and impacts on health. In: Kirch, W., Menne, B., Bertollini, R. (eds.). *Extreme Weather Events and Public Health Responses*. World Health Organization. Berlin, Springer. ISBN 3-540-24417-4. s. 59–67.
- Hattis, D., Ogneva-Himmelberger, Y., Ratick, S. (2012). The spatial variability of heat-related mortality in Massachusetts. *Applied Geography*, 33: 45–52.
- Henderson, G. (2005). Home air conditioning in Europe – how much energy would we use if we became more like American households, 541–550 in: Attali, S., Tillerson, K. (eds.). *Energy Savings: What Works & Who Delivers?* eceee 2005 Summer Study. ISBN: 91-631-4002-0
- Hong, Y.-C., Rha, J.-H., Lee, J.-T., Ha, E.-H., Kwon, H.-J., Kim H. (2003). Ischemic stroke associated with decrease in temperature. *Epidemiology*, 14(4), s. 473–8. doi: 10.1097/01.ede.0000078420.82023.e3.
- Huynen, M. M., Martens, P., Schram, D., Weijenberg, M. P., Kunst, A. E. (2001). The impact of heat waves and cold spells on mortality rates in the Dutch population. *Environmental Health Perspectives*, 109(5), s. 463–70.
- Hurrell, J. (2000). Climate: North Atlantic and Arctic Oscillation (NAO/AO). 24 str. In: Holton, J., Pyle, J., Curry, J. (eds.). *Encyclopedia of Atmospheric Sciences*. [online]. Aktualizace 2012. [cit. 2012-8-9]. Dostupné z: <http://www.cgd.ucar.edu/cas/jhurrell/Docs/hurrell.NAO.EAS03.pdf>
- Jendritzky, G., Staiger, H., Bucher, K., Graetz, A., Laschewski, G. (2000). The perceived temperature: The method of the Deutscher Wetterdienst for the assessment of cold stress and heat load for the human body. Internet Workshop on Windchill, April 3-7, 2000, Meteorological Service of Canada.
- Katsouyanni, K., Schwartz, J., Spix, C., Touloumi, G., Zmirou, D., Zanobetti, A., Wojtyniak, B., Vonk, J. M., Tobias, A., Pönkä, A., Medina, S., Bachárová, L., Anderson, H. R. (1996). Short term effects of air pollution on health: a European approach using epidemiologic time series data: the APHEA protocol. *Journal of Epidemiology and Community Health*, 50 (Suppl 1), s. S12–8.
- Kaufman, J. D. (2010). Does air pollution accelerate progression of atherosclerosis? *Journal of the American College of Cardiology*, 56(22), s. 1809–1811. doi:10.1016/j.jacc.2010.05.054.
- Keatinge, W. R., Donaldson, G. C. (2001). Mortality related to cold and air pollution in London after allowance for effects of associated weather patterns. *Environmental Research*, 86(3), s. 209–216.
- Kenney, W. L., Munce, T. A. (2003). Invited review: aging and human temperature regulation. *Journal of Applied Physiology*, 95(6), s. 2598–603. doi: 10.1152/japplphysiol.00202.2003.
- Knowlton, K., Rotkin-Ellman, M., King, G., Margolis, H. G., Smith, D., Solomon, G., Trent, R., English, P. (2009). The 2006 California heat wave: impacts on hospitalizations and emergency department visits. *Environmental Health Perspectives*, 117(1), 61–7. doi: 10.1289/ehp.11594.
- Koken, P. J. M., Piver, W. T., Ye, F., Elixhauser, A., Olsen, L. M., Portier, C. J. (2003). Temperature, air pollution, and hospitalization for cardiovascular diseases among elderly people in Denver. *Environmental Health Perspectives*, 111(10), 1312–1317. doi: 10.1289/ehp.5957.
- IPCC 2007: *Summary for Policymakers, Climate Change 2007: Synthesis Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. [Solomon, S., D. Qin, M. Manning, Z. Chen, M. Marquis, K.B. Averyt, M. Tignor and H.L. Miller (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA. Dostupné z: <<http://amper.ped.muni.cz/jenik/tmp/SPM/SYR/SYRcz12b.pdf>>.
- Kovats, S. (ed.; 2008). *Health Effects of Climate Change in the UK 2008: An update of the Department of Health report 2001/2002*. Department of Health and Health Protection Agency. 2008. 124 s. Dostupné z: <www.dh.gov.uk/publications>.

- Kovats, R. S., Hajat, S., Wilkinson, P. (2004). Contrasting patterns of mortality and hospital admissions during hot weather and heat waves in Greater London, UK. *Occupational and Environmental Medicine*, 61(11), s. 893–8. doi: 10.1136/oem.2003.012047.
- Kovats, R.S., a Hajat, S. (2008). Heat stress and public health: a critical review. *Annual review of public health*, 29(October): 41–55. doi: 10.1146/annurev.publhealth.29.020907.090843.
- Kynčl, J., Procházka, B., Goddard, N. L., Havlíčková, M., Částková, J., Otavová, M., Kříž, B. (2005). A study of excess mortality during influenza epidemics in the Czech Republic, 1982–2000. *European Journal of Epidemiology*, 20(4), s. 365–371. doi: 10.1007/s10654-005-1067-y.
- Kyobutungi, C., Grau, A., Stieglbauer, G., Becher, H. (2005). Absolute temperature changes and stroke risk: a case-crossover study. *European Journal Epidemiology*, 20(8), s. 693–698.
- Kyselý, J. (2002). Temporal fluctuations in heat waves at Prague-Klementinum, the Czech Republic, from 1901–97, and their relationships to atmospheric circulation. *International Journal of Climatology*, 22(1), 33–50. doi:10.1002/joc.720.
- Kyselý, J. (2004). Mortality and displaced mortality during heat waves in the Czech Republic. *International Journal of Biometeorology*, 49(2), 91–7. doi:10.1007/s00484-004-0218-2.
- Kyselý, J. (2008). Influence of the persistence of circulation patterns on warm and cold temperature anomalies in Europe: Analysis over the 20th century. *Global and Planetary Change*, 62(1–2), s. 147–163. doi: 10.1016/j.gloplacha.2008.01.003.
- Kyselý, J., (2010). Recent severe heat waves in central Europe : how to view them in a long-term prospect ? *International Journal of Climatology*, 109, s. 89–109, doi:10.1002/joc.
- Kyselý, J., Huth, R. (2004). Heat-related mortality in the Czech Republic examined through synoptic and “traditional” approaches. *Climate Research*, 25, s. 265–274. doi: 10.3354/cr025265.
- Kyselý, J., Kim, J. (2009). Mortality during heat waves in South Korea, 1991 to 2005: How exceptional was the 1994 heat wave? *Climate Research*, 38, s. 105–116. doi:10.3354/cr00775.
- Kyselý, J., Kříž, B. (2008). Decreased impacts of the 2003 heat waves on mortality in the Czech Republic: an improved response? *International Journal of Biometeorology*, 52(8), s. 733–45. doi: 10.1007/s00484-008-0166-3.
- Kyselý, J., Pokorná, L., Kynčl, J., Kříž, B. (2009). Excess cardiovascular mortality associated with cold spells in the Czech Republic. *BMC Public Health*, 9, 19 s. doi: 10.1186/1471-2458-9-19.
- Kyselý, J., Plavcová, E. (2010). A critical remark on the applicability of E-OBS European gridded temperature dataset for validating control climate simulations. *Journal of Geophysical Research*, 115, D23118, doi:10.1029/2010JD014123.
- Kyselý, J., Plavcová, E., Davidkovová, H., Kynčl, J. (2011). Comparision of hot and cold spell effects on cardiovascular mortality in the Czech Republic in individual population groups. *Climate Research*, 49, s. 113–129. doi:10.3354/cr01014.
- Laschewski, G., Jendritzky, G. (2002). Effects of the thermal environment on human health: an investigation of 30 years of daily mortality data from SW Germany. *Climate Research*, 21, s. 91–103. doi:10.3354/cr021091.
- Láchová, J. (2011). Evropské výběrové šetření o zdravotním stavu v ČR - EHIS CR. *Aktuální informace*, 2011(2), s. 1–11. ÚZIS ČR, Praha.

- Lee, J. H., Chae, S. C., Yang, D. H., Park, H. S., Cho, Y., Jun, J.-E., Park, W.-H., Sim, K., Lee, W. K., Kim, Y. J., Kim, K. S., Hur, S. H., Jeong, M. H. (2010). Influence of weather on daily hospital admissions for acute myocardial infarction (from the Korea Acute Myocardial Infarction Registry). *International Journal of Cardiology*. doi:10.1016/j.ijcard.2009.03.122.
- Le Tertre, A., Medina, S., Samoli, E., Forsberg, B., Michelozzi, P., Boumghar, A., Vonk, J. M., Bellini, A., Atkinson, R., Ayres, J. G., Sunyer, J., Schwartz, J., Katsouyanni, K. (2002). Short-term effects of particulate air pollution on cardiovascular diseases in eight European cities. *Journal of Epidemiology and Community Health*, 56, s. 773–779.
- Linares, C., Díaz, J. (2008). Impact of high temperatures on hospital admissions: comparative analysis with previous studies about mortality (Madrid). *European Journal of Public Health*, 18(3), s. 317–22. doi: 10.1093/eurpub/ckm108.
- Loughnan, M. E., Nicholls, N., Tapper, N. J. (2008). Demographic, seasonal, and spatial differences in acute myocardial infarction admissions to hospital in Melbourne Australia. *International Journal of Health Geographics*, 7, s. 42. doi:10.1186/1476-072X-7-42.
- Ma, W., Xu, X., Peng, L., Kan, H. (2011). Science of the total environment impact of extreme temperature on hospital admission in Shanghai , China. *Science of the Total Environment*, The, 409(19), s. 3634–3637. doi:10.1016/j.scitotenv.2011.06.042
- Maitre, A., Bonnetterre, V., Huillard, L., Sabatier, P., de Gaudemaris, R. (2006). Impact of urban atmospheric pollution on coronary disease. *European Heart Journal*, 27(19), s. 2275–84. doi: 10.1093/eurheartj/ehl162.
- Mastrangelo, G., Fedeli, U., Visentin, C., Milan, G., Fadda, E., Spolaore, P. (2007). Pattern and determinants of hospitalization during heat waves: an ecologic study. *BMC Public Health*, 7, s. 200. doi:10.1186/1471-2458-7-200.
- Matzarakis, A., Mayer, H. (1997). Heat stress in Greece. *International Journal of Biometeorology*, 41(1), s. 34–9.
- Matzarakis, A., Mayer, H., Iziomon, M. G. (1999). Applications of a universal thermal index: physiological equivalent temperature. *International Journal of Biometeorology*, 43(2), s. 76–84.
- McGregor, G.R. (2011). Human biometeorology. *Progress in Physical Geography*, 36(1), s. 93–109. doi:10.1177/0309133311417942.
- McMichael, A. J., Woodruff, R. E., Hales, S. (2006). Climate change and human health: present and future risks. *The Lancet*, 367(9513), s. 859–869. doi: 10.1016/S0140-6736(06)68079-3.
- McMichael, A. J., Wilkinson, P., Kovats, R. S. (2008). International study of temperature, heat and urban mortality: the „ISOTHURM“ project. *International Journal of Epidemiology*, 37, s. 1121–1131.
- Medina-Ramón, M. and Schwartz, J. (2007). Temperature, Temperature Extremes, and Mortality: A Study of Acclimatization and Effect Modification in 50 United States Cities. *Occupational and Environmental Medicine*, 64: 827-834. doi: 10.1136/oem.2007.033175.
- Mercer, J. B. (2002). Cold – an underrated risk factor for health. *Environmental Research*, 92, s. 8–13. doi: 10.1016/S0013-9351(02)00009-9.
- Michelozzi, P. (2004). Heat-waves in Italy: cause-specific mortality and susceptible sub-groups In: Ebi, K. L., Menne, B. (eds.). *Extreme Weather Events and Public Health Responses*. Report on WHO meeting, Bratislava, Slovakia. World Health Organization.

- Michelozzi, P., Accetta, G., De Sario, M., D'Ippoliti, D., Marino, C., Baccini, M., Biggeri, A., Anderson, H. R., Katsouyanni, K., Ballester, F., Bisanti, L., Cadum, E., Forsberg, B., Forastiere, F., Goodman, P. G., Hojs, A., Kirchmayer, U., Medina, S., Paldy, A., Schindler, C., Sunyer, J., Perucci, C. A. (2009). High temperature and hospitalizations for cardiovascular and respiratory causes in 12 European cities. *American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine*, 179(5), s. 383–9. doi: 10.1164/rccm.200802-217OC.
- Mills, G. (2004): The urban canopy layer heat island. *IAUC Teaching Resources*. [online]. Aktualizace 2004. [cit. 2012-8-3]. Dostupné z: <<http://www.urban-climate.org>>.
- Mills, G. (2007): Cities as agents of global change. *International Journal of Climatology*, 27, s. 1849–1857.
- Morabito, M., Modesti, P. A., Cecchi, L., Crisci, A., Orlandini, S., Maracchi, G., Gensini, G. F. (2005). Relationships between weather and myocardial infarction: a biometeorological approach. *International Journal of Cardiology*, 105(3), s. 288–93. doi: 10.1016/j.ijcard.2004.12.047.
- Moser, D. K., McKinley, S., Dracup, K., Chung, M. L. (2005). Gender differences in reasons patients delay in seeking treatment for acute myocardial infarction symptoms. *Patient Education and Counseling*, 56, s. 45–54. doi:10.1016/j.pec.2003.11.011.
- NOAA – National Oceanic and Atmospheric Administration (2001). *Winter Storms – The deceptive killers – A preparedness Guide*. [online]. Aktualizace 2001. [cit. 2011-8-1]. Dostupné z: <<http://www.weather.gov/om/brochures/winterstorm.pdf>>.
- Nemmar, A., Hoet, P. H. M., Vanquickenborne, B., Dinsdale, D., Thomeer, M., Hoylaerts, M. F., Vanbilloen, H., Mortelmans, L., Nemery, B. (2002). Passage of inhaled particles into the blood circulation in humans. *Circulation*, 105(4), s. 411–414. doi: 10.1161/hc0402.104118.
- Netrdová, P. (2011). Prostorová analýza dat a geostatistika. [*pdf prezentace]. Přednáška LS 2010/2011. PřF UK Praha, katedra demografie.
- Nic Gabhainn, S., Kelleher, C. C., Naughton, a M., Carter, F., Flanagan, M., McGrath, M. J. (1999). Socio-demographic variations in perspectives on cardiovascular disease and associated risk factors. *Health Education Research*, 14(5), s. 619–28. Dostupné z: <<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/10510070>>.
- Novák, M. (2007). Problematika komplexních thw indexů a její řešení v biometeorologické předpovědi ČHMÚ. In: Štřelcová, K., Škvarenina, J., Blaženec, M. (eds.): “BIOCLIMATOLOGY AND NATURAL HAZARDS” International Scientific Conference, Poľana nad Detvou, Slovakia, September 17–20, 2007, ISBN 978-80-228-17-60-8.
- Novák, M. (2011). Univerzální tepelný klimatický index UTCI – první testy. In: „Člověk ve svém pozemském a kosmickém prostředí“ 31. konference Hvězdárny v Úpici 18.–20. května 2010, Úpice. s. 89–93. ISBN 978-80-86303-26-0.
- O'Neill, M. S., Carter, R., Kish, J. K., Gronlund, C. J., White-Newsome, J. L., Manarolla, X., Zanobetti, A. and Schwartz, J. D. (2009): Preventing heat-related morbidity and mortality: new approaches in a changing climate. *Maturitas*, 64, 98–103, doi:10.1016/j.maturitas.2009.08.005.
- Ostro, B., Rauch, S., Green, R., Malig, B., Basu, R. (2010). The effects of temperature and use of air conditioning on hospitalizations. *American Journal of Epidemiology*, 172(9), s. 1053–61. doi: 10.1093/aje/kwq231.
- Oudin Åström, D., Bertil, F., Joacim, R. (2011). Heat wave impact on morbidity and mortality in the elderly population: A review of recent studies. *Maturitas*. doi:10.1016/j.maturitas.2011.03.008.

- Páldy, A., Bobvos, J., Vámos, A., Kovats, R. S., Hajat, S. (2005). The effect of temperature and heat waves on daily mortality in Budapest, Hungary, 1970–2000. In: Kirch, W., Menne, B., Bertollini, R. (eds.). *Extreme Weather Events and Public Health Responses*. World Health Organization. Berlin, Springer. ISBN 3-540-24417-4. s. 99–107.
- Pell, J. P., Cobbe, S. M. (1999). Seasonal variations in coronary heart disease. *QJM: An International Journal of Medicine*, 92, s. 689–696.
- Piotrowicz, K. (2009). The occurrence of unfavorable thermal conditions on human health in Central Europe and potential climate change impacts: an example from Cracow, Poland. *Environmental Management*, 44(4), 766–75. doi: 10.1007/s00267-009-9357-x.
- Plavcová, E., Kyselý, J. (2009a). Vliv náhlých změn teploty a tlaku vzduchu na úmrtnost v ČR. *Epidemiologie, mikrobiologie, imunologie*, 58, s. 73–83.
- Plavcová, E., Kyselý, J. (2009b). Comparison of the impacts of temperature extremes on mortality in Prague and other regions of the Czech Republic, 3 s. Příspěvek na mezinárodní konferenci Rozvoj společnosti a bioklíma Vztahy, súvislosti a vplyv aktivít človeka na bioklimatické procesy v krajine Stará Lesná 5.–8. 10. 2009 [online]. Aktualizace 2009. [cit. 2011-8-9]. Dostupné z: <http://www.ta3.sk/bioklima2009/Papers/Plavcova_Kyselý.pdf>.
- Plavcová, E., Kyselý, J. (2010). Relationships between sudden weather changes in summer and mortality in the Czech Republic, 1986–2005. *International Journal of Biometeorology*, 54(5), s. 539–51. doi: 10.1007/s00484-010-0303-7.
- Powles, J., Kirov, P., Feschieva, N., Stanoev, M., Atanasova, V. (2002). Stroke in urban and rural populations in north-east Bulgaria: incidence and case fatality findings from a “hot pursuit” study. *BMC Public Health*, 2, 24 s.
- Ren, C., Melly, S., Schwartz, J. (2010). Modifiers of short-term effects of ozone on mortality in eastern Massachusetts--a case-crossover analysis at individual level. *Environmental health : a global access science source*, 9, p.3.
- Riedl, O. (1971). Nemoci vnitřní. str. 197. In: Krivaničová, J. et al. (eds.) *Domácí lékař: moderní zdravotnědý rádce*. Praha, Avicenum, 1971. 583 s.
- Rizzo, C., Bella, A., Viboud, C., Simonsen, L., Miller, M. a, Rota, M. C., Salmaso, S., Ciofi degli Atti, M. L. (2007). Trends for influenza-related deaths during pandemic and epidemic seasons, Italy, 1969–2001. *Emerging Infectious Diseases*, 13(5), s. 694–9.
- Robinson, P. J. (2001). On the definition of a heat wave. *Journal of Applied Meteorology*, 40(4), s. 762–775. doi: 10.1175/1520-0450(2001)040<0762:OTDOAH>2.0.CO;2.
- Rudge, J., Gilchrist, R. (2005). Excess winter morbidity among older people at risk of cold homes: a population-based study in a London borough. *Journal of Public Health (Oxford, England)*, 27(4), s. 353–8. doi:10.1093/pubmed/fdi051.
- Saez, M. (2000). Ischaemic heart disease mortality and weather temperature in Barcelona, Spain. *The European Journal of Public Health*, 10(1), s. 58–63. doi:10.1093/eurpub/10.1.58.
- Semenza, J. C., McCullough, J. E., Flanders, W. D., McGeehin, M. A., Lumpkin, J. R. (1999). Excess hospital admission during the July 1995 heat wave in Chicago. *American Journal of Preventive Medicine*, 16(4), s. 269–277.
- Schwartz, J., Samet, J. M., Patz, J. A. (2004). Hospital admissions for heart disease the effects of temperature and humidity. *Epidemiology*, 15(6), s. 755–761. doi:10.1097/01.ede.0000134875.15919.0f

- Schwartz, J., Morris, R. (1995). Air pollution and hospital admissions for cardiovascular disease in Detroit, Michigan. *American Journal of Epidemiology*, 142(1), s. 23–35.
- Sheridan, S. C., Kalkstein, L. S. (2004). Progress in heat watch–warning system technology. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 85(12), s. 1931–1941. doi:10.1175/BAMS-85-12-1931.
- Slýblová, V. (1971). Nervová soustava a její nejčastější poruchy. str. 125. In: Krivaničová, J. et al. (eds.) *Domácí lékař: moderní zdravotní rádce*. Praha, Avicenum, 1971. 583 s.
- Smoyer, K. E., Kalkstein, L. S., Greene, J. S., Ye, H. (2000). The impacts of weather and pollution on human mortality in Birmingham, Alabama and Philadelphia, Pennsylvania. *International Journal of Climatology*, 20(8), s. 881–897. doi: 10.1002/1097-0088(20000630)20:8<881::AID-JOC507>3.0.CO;2-V.
- Stafoggia, M., Forastiere, F., Agostini, D., Caranci, N., de' Donato, F., Demaria, M., Michelozzi, P., Miglio, R., Rognoni, M., Russo, A., Perucci, C. A. (2008). Factors affecting in-hospital heat-related mortality: a multi-city case-crossover analysis. *Journal of Epidemiology and Community Health*, 62(3), 209–15. doi:10.1136/jech.2007.060715.
- Tan, J., Zheng, Y., Tang, X., Guo, C., Li, L., Song, G., Zhen, X., Yuan, D., Kalkstein, A. J., Li, F., Chen, H. (2010). The urban heat island and its impact on heat waves and human health in Shanghai. *International Journal of Biometeorology*, 54(1), s. 75–84.
- Tanis, B. (2003). Oral contraceptives and the risk of myocardial infarction. *European Heart Journal*, 24, s. 377–80. doi: 10.1016/S0195-668X(02)00752-2.
- Trusilova, K. et al. (2008): Urbanization Impacts on the Climate in Europe: Numerical Experiments by the PSU-NCAR Mesoscale Model (MM5). *Journal of Applied Meteorology and Climatology*, 47, s. 1442–1455.
- Turin, T. C., Kita, Y., Rumana, N., Nakamura, Y., Takashima, N., Muira, K., Ueshima, H. (2011). Increased risk of acute myocardial infarction during colder periods is independent of the conventional cardiovascular risk factors: *CVD Prevention and Control*, 6(3), s. 109–111. World Heart Federation. doi:10.1016/j.cvdpc.2011.04.003
- ÚZIS – Ústav zdravotnických informací a statistiky ČR (2006). Výběrové šetření o zdravotním stavu a životním stylu obyvatel České republiky zaměřené na zneužívání drog. ISBN 80-7280-636-X. 84 s.
- Vautard, R., et al. (2007). Summertime European heat and drought waves induced by wintertime Mediterranean rainfall deficit. *Geophysical Research Letters*, 34, s. 1–5, doi:10.1029/2006GL028001.
- Vobecká, J. (2009). Dojížděkový přístup k vymezení městského, příměstského a venkovského obyvatelstva. *Demografie*, 51, s. 14–22.
- Vaněčková, P., Neville, G., Tippet, V., Aitken, P., FitzGerald G., Tong, S. (2011). Do Biometeorological indices improve modeling outcomes of heat-related mortality? *Journal of Applied Meteorology and Climatology*, 50(6): 1165–1176.
- Vandendorren, S., Suzan, F., Medina, S., Pascal, M., Maulpoix, A., Cohen, J.-C., Ledrans, M. (2004). Mortality in 13 French cities during the August 2003 heat wave. *American Journal of Public Health*, 94(9), 1518–20.
- Vandendorren, S., Empereur-Bissonnet, P. (2005). Health impact of the 2003 heat-wave in France. In: Kirch, W., Menne, B., Bertollini, R. (eds.). *Extreme Weather Events and Public Health Responses*. World Health Organization. Berlin, Springer. ISBN 3-540-24417-4. s. 81–87.
- Výborný, J. (1971). Kapitoly z chirurgie. str. 390. In: Krivaničová, J. et al. (eds.) *Domácí lékař: moderní zdravotní rádce*. Praha, Avicenum, 1971. 583 s.

- Wang, Y., Levi, C. R., Attia, J. R., D'Este, C. a, Spratt, N., Fisher, J. (2003). Seasonal variation in stroke in the Hunter Region, Australia: a 5-year hospital-based study, 1995–2000. *Stroke; a Journal of Cerebral Circulation*, 34(5), s. 1144–50. doi: 10.1161/01.STR.0000067703.71251.B6.
- Wang, X. U., Barnett A. G., Hu, W., Tong, S. (2009). Temperature variation and emergency hospital admissions for stroke in Brisbane, Australia, 1996–2005. *International Journal of Biometeorology: The Description, Causes, and Implications of Climatic Change*, 53(6), s. 535–541.
- Wang, G., A. Dolman, J., Alessandri, A. (2011). Sciences A summer climate regime over Europe modulated by the North Atlantic Oscillation. *Earth*, 57–64. doi:10.5194/hess-15-57-2011.
- Wu, P.-C., Lin, C.-Y., Lung, S.-C., Guo, H.-R., Chou, C.-H., Su, H.-J. (2010). Cardiovascular mortality during heat and cold events: determinants of regional vulnerability in Taiwan. *Occup Environ Med*, 68, s. 525–530 doi:10.1136/oem.2010.056168.
- White, R. H. (2003). The epidemiology of venous thromboembolism. *Circulation*, 107(23 Suppl 1), s. I4–8. doi: 10.1161/01.CIR.0000078468.11849.66.
- Whitman, S., Good, G., Donoghue, E. R., Benbow, N., Shou, W., Mou, S. (1997). Mortality in Chicago attributed to the July 1995 heat wave. *American Journal of Public Health*, 87(9), s. 1995–1998.
- Ye, X., Wolff, R., Yu, W., Vaneckova, P., Xiaochuan, P., Tong, S. (2012). Ambient temperature and morbidity: a review of epidemiological evidence. *Environmental Health Perspectives*, 120(1), s. 19–28.

12.2 Internetové zdroje

- Centnerová, L. (2000). Tepelná pohoda a nepohoda. *Vytápění větrání instalace*, 5/2000. [online]. Aktualizace 2011. [cit. 2011-11-2]. Dostupné z: <<http://www.tzb-info.cz/404-tepelna-pohoda-a-nepohoda>>.
- ČHMÚ (2011). Zenčištění ovzduší na území České republiky v roce 2010. Ostatnická, J. et al. (eds). [online]. Aktualizace 2012. [cit. 2012-8-13]. Dostupné z: <http://www.demografie.info/?cz_detail_clanku&artclID=496>.
- ČSÚ – Český statistický úřad (2012a). Analýza: V republice pracuje čtvrt milionu důchodců – Vývoj ekonomické aktivity obyvatelstva (4. čtvrtletí 2011). [*].doc – online]. Publikováno 3. 2. 2012. [cit. 2012-2-26]. Dostupné z: <<http://www.czso.cz/csu/csu.nsf/informace/czam020312analiza12.doc>>.
- Demografie – demografické informace, analýzy a komentáře (2007). ANALÝZA: Vliv alkoholu na úmrtnost v České republice. 23. 8. 2007. [online]. Aktualizace 2012. [cit. 2012-8-13]. Dostupné z: <http://www.demografie.info/?cz_detail_clanku&artclID=496>.
- IKEM – Institut klinické a experimentální medicíny. [online]. Aktualizace 2011. [cit. 2011-8-1]. Dostupné z: <<http://www.ikem.cz/>>.
- Lidovky.cz (7. 8. 2010). [online]. PRO SROVNÁNÍ: největší povodně v ČR. Aktualizace 2010. [cit. 2011-8-1]. Dostupné z: <http://www.lidovky.cz/pro-srovnani-nejvetsi-povodne-v-cesku-dx9-/ln_domov.asp?c=A100807_142216_ln_domov_spa>.
- Události (1. 4. 2012). Hlavní zpravodajská relace České televize. [video – online]. 1. 4. 2012. Reportáž – Změny ve zdravotnictví [čas 34:20] Dostupné z: <<http://www.ceskatelevize.cz/ivysilani/1097181328-udalosti/212411000100401/diskuse/>>.
- UTCI – Universal Thermal Climate Index [online]. Aktualizace 2012. [cit. 2012-2-22]. Dostupné z: <<http://www.utci.org>>.

Voogt, J. A., (2004): Urban Heat Islands: Hotter cities, *Action Bioscience*. [online]. Aktualizace 2012. [cit. 2012-8-3]. Dostupné z: <<http://www.actionbioscience.org/environment/voogt.html>>.

VZP – Všeobecná zdravotní pojišťovna. V České republice je 55 % lidí s nadváhou a obezitou. [online]. Aktualizace 2012. [cit. 2012-2-22]. Dostupné z: <<http://www.vzp.cz/klienti/aktuality/pruzkum-obezity-2011>>.

12.3 Zdroje dat

ČSÚ – Český statistický úřad (2012b). Statistická ročenka 2011 [data online]. Publikace 23. 11. 2011. [cit. 2012-2-26]. Dostupné z: <<http://www.czso.cz/csu/2011edicniplan.nsf/publ/0001-11-2010>>.

Sčítání lidu, domů a bytů (SLBD) 2001 – Pramenné dílo. [online]. Aktualizace 2011. [cit. 2011-8-1]. Dostupné z: <<http://notes2.czso.cz/csu/2005edicniplan.nsf/p/4132-05>>.

Meteorologická data: poskytl Český hydrometeorologický ústav (ČHMÚ)

Zdravotnická data: poskytl Ústav zdravotnických informací a statistiky ČR (ÚZIS)